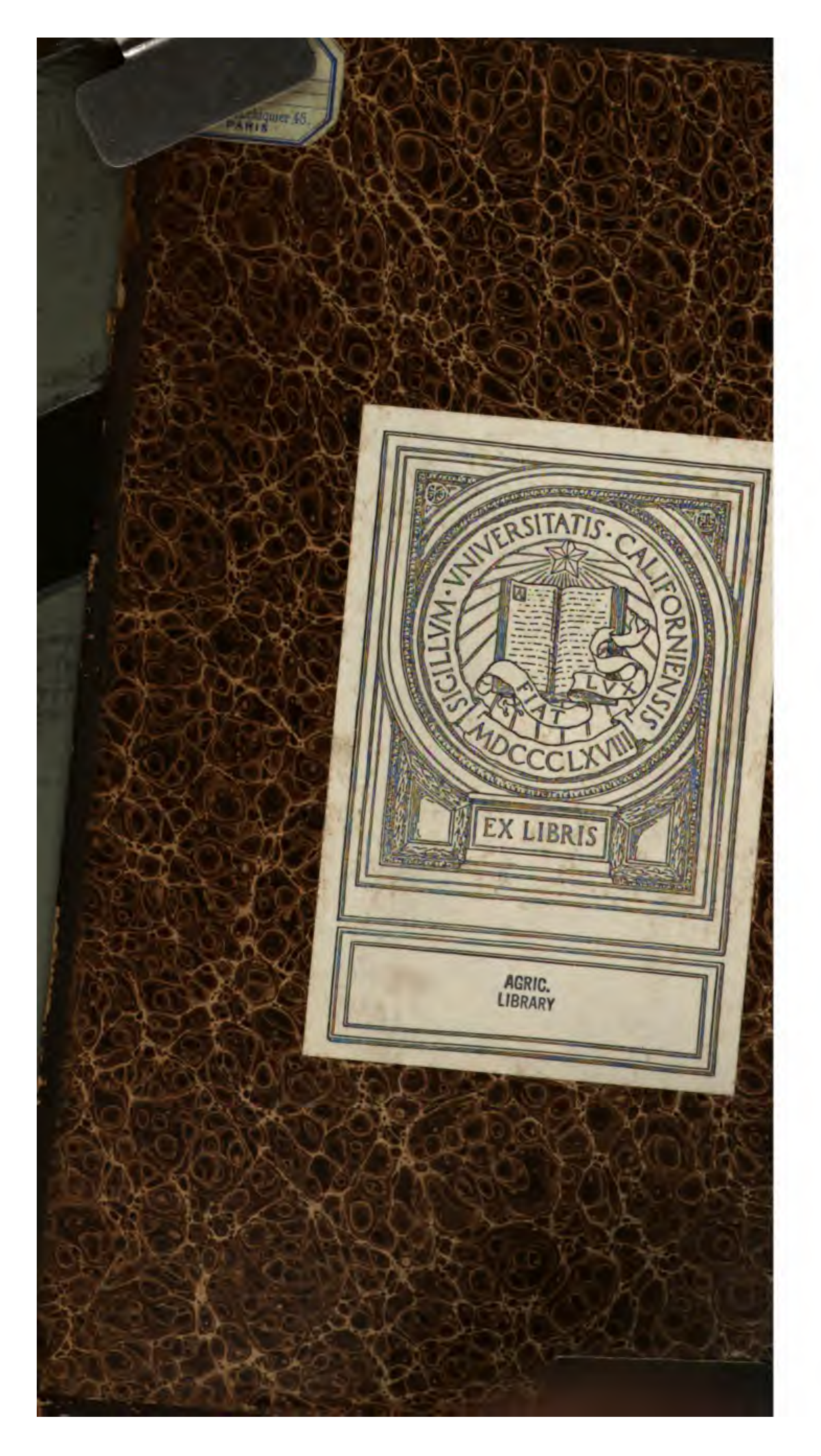
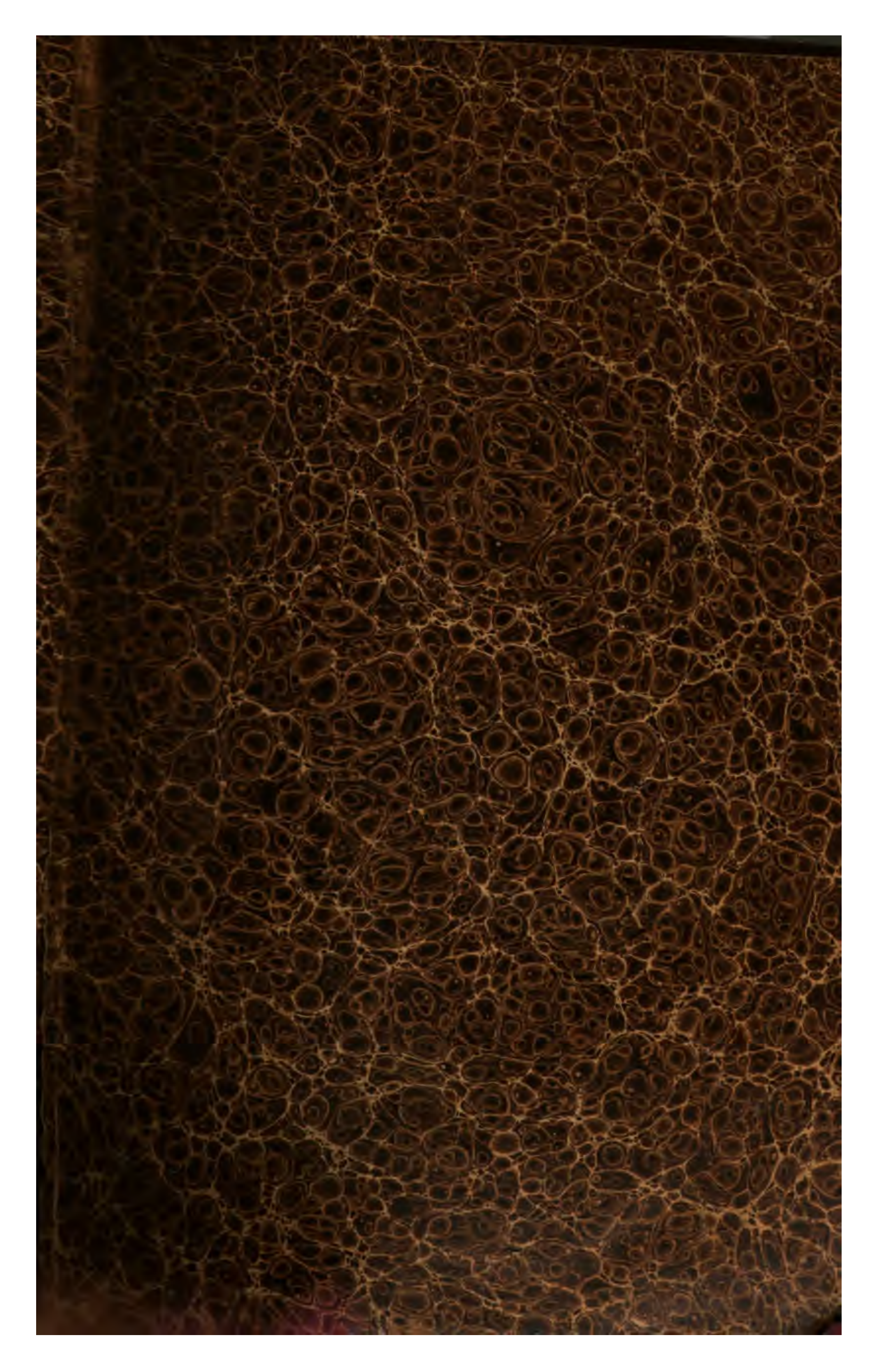

PARIS
SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS
AGRIC.
LIBRARY



ANNALES

AGRONOMIQUES

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

ANNALES
AGRONOMIQUES

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES

DU

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE

(Direction de l'Agriculture)

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT,
PROFESSEUR A L'ÉCOLE D'AGRICULTURE DE GRIGNON, AIDE-NATURALISTE AU MUSÉUM
D'HISTOIRE NATURELLE

TOME QUATRIÈME

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon
EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

M DCCC LXXVIII

ANNALES
AGRONOMIQUES

FABRICATION, MATURATION ET MALADIES DU FROMAGE DU CANTAL

RAPPORT

A M. LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE, SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS A LA STATION LAITIÈRE DU FAU (CANTAL) PENDANT L'ANNÉE 1877

PAR

M. E. DUCLAUX
Professeur à la Faculté des sciences de Lyon.

Monsieur le Ministre,

J'ai l'honneur de venir vous rendre compte des premiers résultats de la mission, que vous avez bien voulu me confier, d'aller étudier sur place, au point de vue théorique et pratique, la fabrication des fromages du Cantal.

Je vous disais dans mon premier rapport sur ce sujet, que j'avais cru trouver à Fau, commune de Marmanhac, un local et des conditions favorables à une étude rigoureuse et suivie de la question. Vous avez bien voulu accepter les propositions que j'ai eu l'honneur de vous faire alors, et me confier les fonds nécessaires à l'installation et au fonctionnement d'un laboratoire. J'ai le plaisir de vous annoncer aujourd'hui que ce laboratoire a pu facilement, et à peu de frais, être mis en pleine activité, et pourvu, malgré sa situation, de tous les moyens de travail qu'on ne rencontre d'ordinaire que dans les laboratoires des grandes villes.

Il possède en effet l'eau et le gaz. L'eau m'arrive sous une pression

d'environ 4 mètres, ce qui me permet de l'employer dans certains cas comme force motrice. Quant au gaz, les progrès récents faits dans l'emploi de l'air carburé m'ont permis de doter mon laboratoire d'une usine à gaz en miniature, qui suffit à l'alimentation continue de vingt becs système ordinaire, et qui réalise les conditions de commodité et de régularité qui rendent le gaz si précieux partout où on peut s'en procurer. Cet emploi de l'air carburé pour le chauffage des appareils de chimie fait disparaître la principale objection soulevée contre l'installation des laboratoires de chimie agricole à la campagne, c'est-à-dire au milieu même des intérêts qu'ils sont destinés à desservir.

Ces conditions favorables ont beaucoup facilité mon travail, et m'ont permis d'obtenir dans cette première campagne les résultats que je viens vous exposer. Leur caractère incomplet ne saurait vous échapper; mais en montrant combien la question est complexe et difficile, je ne ferai, je le sais, que vous engager davantage dans la voie dans laquelle la sollicitude éclairée de votre administration a poussé son étude.

Agréez, monsieur le ministre, etc.

E. Duclaux.

Pour mettre de l'ordre dans mon exposé, je passerai en revue les divers actes de la fabrication du fromage du Cantal, en les rapprochant, autant que possible, des raisons scientifiques qui les expliquent et les déterminent. Je ne parlerai pas du lait d'Auvergne envisagé en lui-même; l'étude de sa composition permet de le classer parmi les meilleurs laits connus, mais je laisse de côté tout ce qui se rapporte à cette partie de la question. Je ne veux pour le moment considérer dans le lait que la matière première de la fabrication du fromage; je commence donc par l'étude de la coagulation.

I. — Coagulation du lait.

Le lait après la traite est transporté au buron dans des vases cylindriques de bois de la contenance d'un hectolitre environ, où il se refroidit très-lentement. On le met aussitôt en présure et on l'abandonne à lui-même pendant une heure environ, après laquelle sa température est encore voisine de 30° C.

La présure employée est presque partout le liquide de macération d'une caillette de veau, où on remplace par du petit lait ce qu'on en distrait pour la consommation journalière. Ce liquide est toujours peuplé d'infusoires microscopiques, parmi lesquels on distingue des globules de levûre de bière, du ferment lactique et acétique, des vibrions butyriques, et la tribu encore confuse des êtres qui prennent part à la putréfaction des matières organiques complexes. L'action coagulante de la présure est indépendante de l'existence actuelle de ces divers ferments, mais ils se disséminent avec elle dans la masse du lait, s'y multiplient pendant l'heure de repos qu'on lui laisse, grâce aux bonnes conditions de milieu et de température qu'ils y rencontrent, se concentrent ensuite dans le caillé dont les mailles les retiennent, et passent tout naturellement ainsi dans la pâte du fromage, où ils sont une menace perpétuelle pour sa bonne conservation.

Si telle était la seule voie par laquelle ils peuvent s'y introduire, on pourrait les éliminer sûrement, en substituant à la présure traditionnelle du pays la présure danoise, par exemple, où la substance active se trouve dissoute dans un liquide très-peu favorable à l'évolution des germes vivants qui pourraient tenter de s'y développer. La Société d'agriculture du Cantal s'emploie depuis quelque temps, avec un zèle louable, à propager l'emploi de cette présure danoise, qui, à raison de sa force à peu près constante, se prête mieux que toute autre à un dosage régulier; mais les fromages fabriqués avec elle ne seront guère de plus facile conservation que les autres. L'envahissement du lait par les êtres inférieurs commence dès sa sortie du pis de la vache. Il lui en vient du pis lui-même, dont la surface extérieure est couverte de germes vivants que le travail de la traite mêle nécessairement au lait qui s'écoule. Il y en a sur les parois des vases de bois, avec quelque soin qu'ils soient récurés, sur les ustensiles et les murs de la fromagerie, sur les mains et les vêtements des fromagers. On peut donc dire que la présure ordinaire, si riche qu'elle soit en êtres microscopiques, n'apporte rien de nouveau dans le lait; elle y introduit seulement des germes en plus grand nombre et des êtres mieux développés. Nous allons voir que l'existence de ces êtres n'est pas inutile, nous allons voir aussi combien elle peut être nuisible.

Le caillé, après une heure de repos, est divisé à l'aide d'un instrument en bois appelé *frénial* et réduit en tout petits grumeaux.

Il possède à ce moment une faculté contractile dont on profite pour le séparer du petit lait. Les grumeaux expulsent d'autant mieux le liquide qui les imprègne qu'ils sont moins gros, et au bout de quelques minutes l'opération, si elle est bien faite, est terminée. C'est le moment de profiter maintenant de la mollesse et de la plasticité que possède encore le caséum pour en souder en un gâteau compacte les éléments épars; dans ce but, le fromager promène circulairement et d'un mouvement très-lent, dans son vase cylindrique, une lame de bois mince dont la largeur est un peu moindre que le rayon du cylindre. Il pousse ainsi devant lui la masse du caillé, que la douce pression résultant du mouvement qu'on lui imprime transforme en une masse cohérente; son volume diminue graduellement par suite de la soudure de ses divers éléments et de l'élimination du petit lait, et elle finit par former au fond du vase une sorte de gâteau élastique qui, mis à égoutter, malaxé à plusieurs reprises et fortement comprimé avec les mains et les genoux, constitue ce qu'on appelle la *tome*.

Ce premier acte de la fabrication est celui qui, dans le Cantal, est le mieux conduit. On ne peut qu'être frappé de voir l'habileté avec laquelle la pratique profite, au moment voulu, des propriétés si fugitives du caséum pour le séparer, à l'état compacte, d'une masse de petit lait dix fois plus considérable, et cela sans l'intervention d'aucun agent étranger. Le fabricant de gruyère n'arrive guère à un résultat meilleur, en employant la chaleur qui exalte à la fois les qualités contractiles et les qualités agglutinatives du caséum. Mais il faut reconnaître que ses opérations sont plus faciles et moins délicates, mettent moins en jeu l'habileté personnelle du fromager, et conduisent par suite à une fabrication plus régulière et mieux assise. Sous ce point de vue, elles sont incontestablement supérieures à celles du Cantal.

Quoi qu'il en soit, la tome du Cantal, travaillée comme nous l'avons dit, peut être considérée comme présentant la composition suivante sur cent parties :

Caséum	25
Beurre	25
Petit lait	50

Le beurre et le caséum sont à peu près en parties égales, ce qui s'explique quand on songe que le lait n'est pas écrémé. Mais ce qui

doit surtout fixer notre attention, c'est que la masse est restée imprégnée de petit lait dans la proportion d'à peu près moitié de son poids.

Ce petit lait existe dans la tome avec tous ses éléments, parmi lesquels le sucre de lait paraît tout particulièrement tenace dans son adhésion avec le caséum; un lavage à grande eau ne suffit pas pour l'extraire, et on n'y réussit pas mieux en soumettant à une forte pression la masse lavée. L'expérience montre qu'alors non-seulement les eaux du pressurage sont plus riches en sucre que l'eau de lavage, mais encore que les dernières eaux qui s'écoulent sous l'action de la presse sont plus chargées que les premières. Le caséum retient donc le sucre avec énergie, et il en reste toujours dans la tome une certaine quantité, variable avec la nature du lait, avec la façon dont l'opération a été conduite, et que j'ai vu atteindre quelquefois le chiffre de 4 pour 100; ce qui revient à dire que, dans ce cas, le sucre s'était concentré dans la tome. C'est ce sucre qui va devenir, comme nous allons le voir, d'abord un moyen de fabrication, puis une pierre d'achoppement pour la conservation du fromage.

II. — Fermentation du caillé.

Si on faisait immédiatement du fromage avec de la tome ainsi préparée, comme par exemple dans la fabrication du gruyère, le sucre entrerait bientôt en fermentation sous l'influence des êtres vivants dont nous avons reconnu l'existence dans la pâte; il se formerait des produits gazeux qui boursoufleraient le fromage et des produits liquides et solides qui en vicieraient le goût. C'est cette fermentation que l'on contient dans la préparation du gruyère par des moyens appropriés, qui n'auraient aucun effet avec la tome du Cantal, à cause de la différence dans la composition et les conditions de production de la matière caséeuse.

Il y aurait d'ailleurs un autre inconvénient à cet emploi immédiat de la tome; elle est à ce moment très-élastique, assez friable, et ses qualités agglutinatives sont peu développées. Comme il faut, pour fabriquer une pièce de fromage, un grand nombre de gâteaux de tome, il serait difficile de les souder en une masse homogène. Enfin, la tome est encore à ce moment trop aqueuse et son pressage régulier serait une opération délicate. Il est curieux de voir comment la pratique a tourné tous ces divers obstacles.

La tome est d'abord abandonnée dans un vase à demi clos à une fermentation spontanée à laquelle prend part surtout le sucre de lait; cette fermentation est quelquefois alcoolique et devient alors fréquemment acétique; le plus souvent pourtant elle est surtout lactique. Dans tous les cas il se dégage de l'acide carbonique sans trace d'hydrogène, qui ne commence à apparaître que lorsque la fermentation lactique devient butyrique.

Sous l'influence de cet acide carbonique, la pâte se creuse de vacuoles nombreuses, qu'on empêche de devenir confluentes en soumettant la masse à une légère pression. Ce dégagement de gaz et la fermentation durent peu. Quand tout est terminé, la pâte est gonflée, acide au goût, et sans odeur spéciale. Il est à remarquer que la quantité d'acide est toujours inférieure à celle qu'aurait pu donner la quantité de sucre primitivement contenue dans la masse. Une partie de ce sucre, atteinte par la fermentation alcoolique, n'a pas donné de produits acides. Une autre portion a été brûlée intégralement dans les réactions vitales des ferments. Les sels alcalins du lait et de la tome en neutralisent aussi une partie. Enfin la fermentation butyrique, qui intervient toujours, a pour résultat une diminution totale d'acidité. J'ai pourtant trouvé des tomes fermentées renfermant 3 pour 100 d'acide lactique. Mais d'ordinaire, la proportion n'en dépasse pas de 1 à 5 millièmes.

On échange donc, grâce à cette fermentation, le sucre de lait contre une quantité toujours plus faible d'acide lactique. Mais on y gagne quelque chose de plus, et on permet, on favorise même ainsi le développement d'une modification moléculaire remarquable dans la masse caséeuse.

La tome récemment préparée est une masse blanche, craquante sous la dent, sèche au toucher. Soumise à l'action de la presse, elle laisse suinter de l'eau, et peut être ainsi amenée facilement à n'en renfermer que 20 ou 25 pour 100. Si on la presse plus fort, elle laisse échapper une partie de sa matière grasse. Si on la broie entre les mains et sous l'eau, c'est à peine si on peut recueillir, à la surface du liquide, une légère couche de beurre que le caséum retient, comme on voit, assez fortement. Enfin si on chauffe l'eau qui tient en suspension le caillé, on voit que les fragments s'en soudent difficilement ensemble. Même à une température de 80 à 85° C., la plasticité du caillé reste toujours médiocre.

Au bout de quelques jours, et après la fermentation, la pâte est

devenue jaunâtre, plus onctueuse et plus liante. Elle est humide et laisse suinter de l'eau à la moindre pression. Mais on ne lui enlève facilement ainsi que tout ce qu'elle renferme en sus d'une proportion à peu près constante, qui est de 44 ou 45 pour 100. Si on essaye, en la comprimant davantage, d'en extraire plus d'eau, on ne retire que de la matière grasse dont l'adhésion avec le caséum a évidemment diminué. Elle se sépare aussi beaucoup plus facilement lorsqu'on malaxe la tome sous l'eau. Enfin, les propriétés plastiques et agglutinatives de la tome ainsi modifiée sont devenues beaucoup plus marquées, et à 50° la tome devient filante comme le produit bien connu sous le nom de pâte de guimauve dont elle a un peu l'aspect nacré.

Il est évident qu'elle a subi une modification moléculaire profonde, attestée par le renversement presque complet de ses affinités pour l'eau et la matière grasse. On pourrait dire, en forçant un peu l'expression, que dans la tome parvenue à la maturité, il y a environ 45 pour 100 d'eau combinée, toute celle qui se trouve en excès sur ce chiffre pouvant être éliminée par l'action de la presse. Comme confirmation, beaucoup de fromages du Cantal présentent des teneurs en eau voisines du chiffre qui précède. En voici des exemples :

Fromage de	Cuelhes (bonne qualité).......	44.2 p. 100 d'eau.
—	Cuehles (pâte grisâtre).......	44.2
—	Salers.......................	44.8
—	Salers.......................	44.0
—	Fau..........................	44.7

Grâce à cet ensemble de phénomènes, la pâte possède maintenant, même à la température ordinaire, un liant dont le fromager profite pour en fabriquer une pièce compacte. Il triture entre les mains les gâteaux de tome mûrs, de façon à les diviser en petits fragments, saupoudre le tout de sel, et range la masse mélangée, par assises superposées, dans un moule en bois qui, une fois plein, est soumis à l'action de la presse.

Le liquide qui s'écoule entraîne avec lui, outre une proportion, correspondante à son volume, du sel ajouté et de l'acide lactique produit, une quantité prodigieuse d'êtres microscopiques, agents actifs de la fermentation. Le résultat définitif de cette série d'opérations est donc incontestablement de favoriser la bonne conservation du fromage, mais non pas de l'assurer d'une façon absolue. Le fromage reste en effet assez aqueux pour que la vie des ferments y

soit encore possible. Il conserve en outre de l'acide lactique pouvant donner de l'acide butyrique dont les plus faibles proportions suffisent pour vicier la saveur du produit. Enfin, en l'absence de l'acide lactique, de nouvelles substances fermentescibles peuvent y prendre naissance aux dépens des divers éléments de la pâte, ainsi que nous allons le voir en étudiant la maturation du fromage.

III. — Maturation du fromage.

Le fromage enlevé de dessous la presse, et abandonné à la cave, mûrit peu à peu. De friable et blanche qu'elle était, sa pâte devient jaune et grasse, *longue*, comme disent les marchands, et elle s'affine à un tel point qu'un morceau de bon fromage du Cantal fond littéralement dans la bouche. Le goût se modifie aussi, et prend quelque chose de piquant. Tous ces phénomènes se produisent sans exiger l'intervention des végétations cryptogamiques extérieures, dont les lavages fréquents de la pièce de fromage empêchent le développement.

A quoi est due cette maturation? J'ai reconnu que le phénomène principal est le suivant : la caséine, substance insoluble dans l'eau, se transforme peu à peu en albumine, soluble dans ce liquide, qui se laisse pénétrer peu à peu par lui et donne à la pâte la demi-transparence, la mollesse qu'elle possède lorsqu'elle est mûre, et la propriété qu'elle prend de pouvoir fondre dans la bouche. Aussi dans tous les bons fromages du commerce trouve-t-on des quantités notables d'albumine et de matières solubles dans l'eau, ainsi que le montrent les nombres suivants :

	Fromage de Salers.	Fromage de Cuelhes.	Fromage de Cuelhes.
Eau	44.8	44.2	44.2
Matière grasse	22.5	24.0	25.2
Caséine	12.4	15.0	13.7
Albumine	10.6	6.6	7.8
Matières solubles dans l'eau	7.5	7.1	7.0
Sel marin	2.2	3.1	2.1

Je n'examine pas pour le moment sous quelles influences s'accomplit cette transformation de la caséine en albumine. Si elle n'explique pas le goût piquant que prend la pâte, et qui a certainement

son origine ailleurs, elle n'en constitue pas moins un fait important de la maturation. Malheureusement elle est toujours très-lente, et à raison de ses conditions de fabrication, le fromage du Cantal est d'une conservation tellement difficile qu'il est très-souvent avarié avant d'être mûr. C'est ce dont nous allons nous assurer en recherchant comment se produisent ces fermentations nuisibles à la bonne conservation du produit, que nous étudierons en les groupant sous le titre commun de maladies du fromage.

IV. — Maladies du fromage.

Pour nous placer tout de suite un cas extrême, examinons un fromage analogue à celui de Gérardmer ou Géromé, fabriqué, par exemple, en abandonnant à elle-même, en vase clos ou demi-clos, une masse de caséum égouttée. Il se développe, dans ces conditions, à la surface du fromage, une végétation cryptogamique abondante, formée de mucédinées diverses de nature et de propriétés. Au-dessous de cette couche végétale, et protégée par elle contre une influence trop directe de l'air atmosphérique, se produisent une fermentation butyrique, et une véritable putréfaction, caractérisées au microscope par la présence des vibrions butyriques qui vivent aux dépens de l'acide lactique et du lactate du caillé, et aux dépens de la caséine elle-même.

Comme produits de leur action, on trouve de l'acide butyrique, de l'ammoniaque qui s'accompagne de proportions variables d'ammoniaques composées, de la leucine, signalée par Proust, et des produits volatils encore mal connus, qui concourent, avec le butyrate d'ammoniaque, à donner au géromé son odeur caractéristique.

Ce qui nous intéresse pour le moment, c'est l'origine de ces divers produits. L'acide butyrique provient, en grande partie, de l'acide lactique. La leucine et l'ammoniaque comptent parmi les termes extrêmes du dédoublement de la caséine, qui, primitivement insoluble dans l'eau, et incapable par suite de servir à la nutrition des ferments, peut, lorsqu'elle s'est transformée en albumine, pénétrer à l'intérieur de la cellule vivante et servir à son développement. Elle subit alors, sous l'influence de la vie, une série de dédoublements dont les termes extrêmes sont précisément la leucine et les

ammoniaques, mais dont un terme intermédiaire important a été méconnu jusqu'ici. Ce terme est une sorte d'albumine, soluble dans l'eau chaude et les acides étendus, et différant par là de l'albumine ordinaire, la rappelant au contraire en ce qu'elle précipite comme elle par le tannin, le sous-acétate de plomb, le sulfate de cuivre, l'acide chromique, l'alcool, et enfin le bichlorure de mercure et le cyanure jaune en solutions acides. Son pouvoir rotatoire est d'environ — 38°. Son caractère de matière albuminoïde ne peut donc être méconnu, bien qu'il soit impossible de l'assimiler à l'une quelconque des variétés d'albumine connues jusqu'ici.

Elle existe dans tous les fromages où la fermentation a exercé une influence sensible. Si on étudie par exemple le fromage dont nous parlions tout à l'heure, mûri sous l'action des mucédinées et d'un commencement de putréfaction, on lui trouve la composition suivante :

Eau	55.0	—
Matière grasse	30.5	67.8
Caséine	2.5	5.6
Albumine	1.5	3.3
Matières solubles dans l'eau	10.5	23.3
	100.0	100.0

L'albumine modifiée, que j'appellerai désormais albumine soluble, entrait pour plus des 3/4 dans la composition des matières solubles dans l'eau. L'albumine ordinaire avait presque complétement disparu, et il en était de même de la caséine dont ce qui restait était déjà profondément modifié. Ce fromage en effet, mis en suspension dans l'eau, y restait en entier à l'état de coagulum muqueux et le caséum ne se condensait même pas alors en masse élastique quand on chauffait le liquide. Il avait conservé son insolubilité dans l'eau, mais avait perdu la plupart de ses propriétés originelles.

Quant à la matière grasse de ce fromage, elle était aussi sensiblement transformée, et c'est le moment d'insister sur l'étude de cette substance dont le rôle dans ces conditions a été très-diversement apprécié.

Dans un travail dont les conclusions dépassent de beaucoup la portée des faits observés, M. Blondeau a cru montrer que la caséine atteinte par la fermentation ou sous l'influence des mucédinées se transformait en matière grasse. Plus tard, M. Brassier a trouvé qu'au lieu d'augmenter par suite de la maturation en présence des cryptogames, la matière grasse diminuait.

Je ne peux pas affirmer que cette dernière observation soit inexacte. Dans l'infinie variété des êtres microscopiques qui peuvent envahir un fromage, il peut y en avoir qui attaquent la matière grasse et donnent raison aux conclusions, d'ailleurs consciencieuses, de M. Brassier. Mais je n'ai jamais rencontré d'êtres pareils, et dans toutes mes expériences la matière grasse n'a subi que des variations de proportions insignifiantes. En revanche, partout et toujours, elle a subi une saponification plus ou moins avancée.

Ce phénomène commence dans la tome dès les premiers moments de sa préparation. Dans le lait et dans la tome fraîche, aucune portion de la matière grasse n'est saponifiée. Mais la transformation commence aussitôt qu'apparaissent les ferments, et augmente d'autant plus que leur intervention est plus active. C'est ce que montrent les nombres suivants, qui donnent la proportion d'acides gras formés sur cent de matière grasse, dans divers produits :

Tome tout à fait récente	0.04
Tome âgée de 5 jours, fermentée	0.55
Tome âgée de 8 jours, fermentée	3.33
Fromage de la tome précédente au bout de deux mois, non fermenté dans l'intervalle	3.0
Fromage du Cantal (ferm. butyrique)	3.2
Matière grasse du fromage précédent, non lavée et rancie, au bout d'un mois	9.2
Fromage de Salers (goût amer)	8.8
— — (bon goût)	3.0
Fromage de Géromé (étudié plus haut)	42.8

La proportion de matière grasse saponifiée peut donc quelquefois s'élever très-haut. De là résultent diverses conséquences.

Au point de vue analytique d'abord, cette saponification se traduira par une perte en matière grasse, lorsqu'on séparera celle-ci par l'action de l'éther, qui ne dissout que très-difficilement la glycérine. Cette perte sera faible, à cause de la prédominance pondérale de l'acide gras dans le corps gras, mais elle ne sera pas insensible.

Au point de vue des modifications subies par le fromage, il est évident que la saponification de la matière grasse produira un changement dans le goût aussi bien que dans la consistance. C'est un point à étudier.

Au point de vue de la conservation, il ne peut être indifférent de voir naître dans le fromage une substance aussi facilement fermen-

tescible que la glycérine, et je serais porté à rechercher dans la transformation de cette substance l'origine des produits sapides et odorants qui donnent à certains fromages leur goût particulier. Toutefois, il faut reconnaître que dans les fromages du Cantal, l'effet de la saponification est insensible. Dans des fromages très-désagréables au goût, je n'ai pas trouvé une proportion d'acides gras supérieure à ce qu'elle est dans les bons. Les causes de destruction leur viennent d'ailleurs, ainsi que nous allons le voir en étudiant leur constitution.

Le fromage du Cantal étant toujours fabriqué avec de la tome fermentée, nous devons nous attendre à y rencontrer, plus ou moins développés, les mêmes éléments que dans le fromage de Géromé, étudié plus haut. Il n'est même pas nécessaire que la tome ait fermenté longtemps pour renfermer des quantités sensibles d'albumine soluble. Voici, par exemple, les résultats de l'analyse d'une tome âgée seulement de deux jours, mais gardée en vase demi-clos près du feu, et où le gonflement de la pâte et le nombre des vacuoles témoignaient d'une fermentation très-énergique.

Eau	40.7	—
Matière grasse	30.1	51.4
Caséine	20.0	34.2
Albumine	4.1	7.0
Matière soluble dans l'eau	4.3	7.4
Sel marin	0.8	—

Nous ne devons donc pas être surpris d'en trouver dans des fromages francs de goût, comme les fromages de Salers et de Cuelhes, dont l'analyse a été donnée plus haut, des compositions voisines de la précédente, où la proportion d'albumine ordinaire reste toujours voisine de celle de l'ensemble des matières solubles dans l'eau. Quand le fromage commence à s'altérer au goût, par suite d'une fermentation subséquente, on voit prédominer l'albumine soluble sur l'albumine ordinaire, comme cela avait lieu pour le Géromé. En voici quelques exemples :

	Fromage Salers (amer).		Fromage mauvais goût.		Gruyère boursouflé.	
Eau	40.0	—	37.0	—	40.0	—
Matière grasse	30.0	51.0	28.9	50.0	22.2	37.4
Caséine	19.0	32.2	12.9	22.3	26.6	44.8
Albumine	2.8	4.8	4.8	8.3	2.0	3.3
Mat. sol. dans l'eau	7.1	12.0	11.2	19.4	8.6	14.5
Sel marin	1.1	—	5.2	—	0.6	—
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Le degré d'invasion des ferments microscopiques dans la pâte du fromage fabriqué peut donc se mesurer grossièrement par le rapport de l'albumine ordinaire à l'ensemble des matières solubles dans l'eau, et qui comprennent comme éléments principaux, l'albumine soluble et la leucine. Ces fermentations, qui s'attaquent à l'albumine de préférence, se traduisent par des produits plutôt sapides qu'odorants. Une certaine amertume, surtout à l'arrière-goût, est le seul côté défectueux des fromages qui en sont atteints. Elles ont, industriellement parlant, une importance moins grande que les fermentations dans lesquelles il y a production d'acides gras volatils, et dont le caractère, autant que j'ai pu en juger par les quelques exemples que j'ai eus sous les yeux, est essentiellement différent. Tandis que les premières peuvent se produire, par la nature des choses, dans les fromages les plus irréprochables comme manipulation et comme pâte, les fermentations dont il me reste à parler ont pour cause première une faute de fabrication, l'élimination incomplète du sucre de lait et de ses produits.

Ce sucre peut en effet, comme nous l'avons vu, donner de l'acide lactique, et celui-ci se transforme facilement en acide butyrique avec dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène. Ces gaz boursouflent la pâte, le fromage se gonfle, *lâche*, comme disent les marchands, et l'odeur qu'il répand le rend bientôt impropre à la vente. Il n'est pas besoin de quantités considérables d'acide butyrique pour amener un pareil résultat. Dans un fromage tout à fait avarié pour les consommateurs, je n'ai trouvé par kilogramme que $2^{gr},15$ d'acides volatils formés de $1^{gr},63$ d'acide butyrique et de $0^{gr},52$ d'acide acétique. On voit que ces nombres sont tout à fait en rapport avec la proportion de sucre de lait qu'une mauvaise manipulation peut laisser dans la pâte.

Presque toujours, ces acides volatils s'accompagnent d'acide valérianique, plus fortement et aussi désagréablement odorant que l'acide butyrique. Dans un fromage à pâte très-sèche et à goût détestable, j'ai trouvé 4 grammes par kilogramme d'un mélange d'acide butyrique, d'acide valérianique et d'acide acétique où le premier entrerait environ pour les 3/4 et les deux derniers chacun pour 1/8.

Cette circonstance témoigne de la complication que peut affecter quelquefois la fermentation. Peut-être n'atteint-elle pas alors uni-

quement le sucre ou l'acide lactique, mais aussi l'albumine soluble; c'est une question à étudier.

Quoi qu'il en soit, cette fermentation butyrique est la principale pierre d'achoppement pour la conservation des fromages du Cantal. Il n'est pas rare de les voir en être atteints par douzaines lorsque, quittant en automne les caves de la montagne où la température ne dépasse guère 12°, ils arrivent, après un voyage quelquefois long, dans les caves du négociant où la température atteint presque toujours 18 ou 20°. De graves intérêts sont donc engagés dans cette question. Ils sont dignes de l'attention que leur prête la Société d'agriculture du Cantal, et des efforts que fait le ministère de l'agriculture pour sauvegarder cette branche importante des revenus d'un département presque pauvre, alors qu'il devrait être très-riche, car les denrées qu'il produit sont de celles dont le prix a proportionnellement le plus augmenté dans ces dernières années. La voie pour arriver à ce résultat est toute tracée. L'expérience nous a indiqué les causes de souffrance de l'industrie fromagère du Cantal, c'est à elle qu'il faudra encore s'adresser pour rechercher les moyens d'y mettre un terme.

Pour obéir à un désir de M. le directeur des *Annales*, j'insère ici une description de l'appareil de chauffage et d'éclairage employé à la station de Fau. Il se compose d'un compteur aspirateur ou cagniardelle, mue par un poids, et envoyant un courant d'air dans une enveloppe cylindrique horizontale, à moitié remplie d'éther de pétrole. Un balai circulaire, mû par le poids du compteur, tourne d'une façon continue en barbotant dans l'éther par sa moitié inférieure, et en présentant sa moitié supérieure au courant d'air qu'il sature de vapeurs combustibles. Le mélange obtenu circule comme le gaz dans des tuyaux auxquels il faut donner un diamètre assez considérable, double en moyenne de celui qu'on donnerait à une canalisation de gaz de même importance. On le brûle dans des becs quelconques, mais de préférence dans des becs Wiesnegg ordinaires, dans lesquels il suffit d'agrandir un peu l'orifice d'admission du gaz combustible. Le réglage de la soupape à air se fait comme avec le gaz de la houille. Pour l'éclairage, on peut employer le bec en fente, qu'on élargit légèrement, ou un bec en couronne; on agrandit un peu, à l'aide d'une lime fine, la section de l'orifice des divers jets.

L'éther de pétrole à employer est l'éther à 0,650, qu'on trouve dans toutes les raffineries de pétrole. Il a une tension de vapeur considérable à la température ordinaire, et dans le mélange qu'il donne avec l'air, l'oxygène est tellement dilué que la flamme est très-éclairante. Elle le devient de moins en moins au fur et à mesure que disparaissent, emportées par le courant d'air, les portions les plus volatiles de l'éther. Le mélange devient même un peu explosif, mais si on l'envoie dans les becs sous une pression de 1 ou 2 centimètres, il n'y a pas à craindre de voir la flamme faire retour dans le mélangeur. Pour plus de sûreté, il est bon de maintenir une pression voisine de 4 centimètres. Il faut aussi ajouter du liquide neuf quand on s'aperçoit que celui

INFLUENCE DU POIDS DES SEMENCES DE POMMES DE TERRE

SUR LA MULTIPLICATION DES TUBERCULES

PAR

É. SAINT-ANDRÉ,

Ancien élève de l'École de Grignon, Ancien stagiaire au laboratoire de culture du Muséum. Préparateur à l'École d'agriculture de Montpellier.

I. — Ensemencement des pommes de terre.

Pour multiplier les pommes de terre, les cultivateurs sèment en général des tubercules de grosseur moyenne, ou bien ils fractionnent les plus volumineux en plusieurs morceaux qu'ils enterrent séparément; souvent même ils ne plantent que des petits tubercules. Cette manière de procéder semble indiquer que les pommes de terre de grosseur moyenne sont préférables, comme semences, aux tubercules d'un poids élevé. Un grand nombre de personnes, très-habiles et très-versées dans la pratique agricole, sont au reste de cet avis et conseillent d'éviter l'emploi des grosses semences pour la plantation des pommes de terre.

Cependant, à la fin du siècle dernier, quelques agronomes conclurent, d'expériences rigoureuses faites dans plusieurs contrées de l'Europe, que les grosses pommes de terre devaient être préférées aux

du réservoir devient trop pauvre en produits volatils. Quelques jours de pratique suffisent à rendre maître du fonctionnement de l'appareil.

Quant à son installation, elle est simple et peut être confiée au premier ouvrier venu. Le compteur est fixé au plancher, pour qu'il ne soit pas entraîné par le poids qui agit par l'intermédiaire d'une poulie, solidement fixée au plafond. L'axe de cette poulie doit être bien parallèle à l'axe du tambour sur lequel s'enroule la corde, de façon à éviter les frottements inutiles. Enfin l'ensemble doit être placé dans un local où la température ne tombe pas trop bas. Il est bon d'interposer, entre l'appareil producteur et la canalisation, un robinet, qu'on ferme quand l'appareil ne doit plus servir, et une poche extensible de caoutchouc destinée à régulariser le courant de gaz en servant de gazomètre. Les tuyaux sont simplement raccordés par des tubes de caoutchouc. Il est sage de prendre l'habitude de remonter tous les jours le poids moteur, pour n'être pas exposé à l'oublier. Deux minutes suffisent chaque matin à cette manœuvre et au remplissage du réservoir quand il est devenu nécessaire. La dépense est à peu près une fois et demie celle du gaz ordinaire, mais les services rendus sont les mêmes, et on n'a pas le droit de regretter de les payer un peu plus cher.

petites et aux moyennes pour l'ensemencement. Dans le courant de ce siècle, des expériences du même genre, répétées un grand nombre de fois dans diverses localités, donnèrent des résultats contradictoires; des unes on concluait que les tubercules de fortes dimensions avaient peu ou point de valeur pour l'ensemencement, des autres on tirait une conclusion exactement contraire. La culture continua à semer parcimonieusement les pommes de terre, et actuellement elle opère encore de même, soit parce qu'elle y trouve un avantage quelconque, soit parce qu'elle écoute des conseils erronés, ou bien encore parce qu'elle n'a pas toute confiance dans les résultats, parfois si contradictoires, des recherches culturales.

Quand on connaît l'importance de la culture de la pomme de terre, quand on sait combien cette solanée est précieuse par sa rusticité, par la rapidité de sa végétation, par l'abondance de ses produits et par la facilité de sa récolte, on conçoit sans peine la multiplicité des essais entrepris, soit pour chercher les causes de la tuberculisation, soit pour déterminer les circonstances favorables à l'accroissement des produits, soit enfin pour vérifier ou contrôler les expériences antérieures.

Cette année, une culture de pommes de terre que nous avons faite au jardin d'expériences du laboratoire de culture du Muséum, nous a permis d'observer l'influence du poids de la semence sur la récolte; mais avant de tirer quelques conclusions de nos résultats, nous croyons utile de rappeler rapidement ceux qui ont été obtenus antérieurement par divers expérimentateurs.

II. — Historique.

Les plus anciennes expériences que nous connaissions sur le sujet qui nous occupe sont celles d'Anderson (1), qui, le 5 mai 1776 (2), planta, dans un pré de mauvaise qualité, nouvellement défriché et non fumé, des pommes de terre d'une même variété et de grosseurs différentes, avec un écartement de $0^m,26$ en tous sens. Il obtint les résultats suivants :

(1) *Traité d'agriculture pratique* de Schwerz, t. III.

(2) Vers 1702, un agriculteur des environs de Bruges, Antoine Verhulst, avait déjà fait quelques expériences sur les pommes de terre; mais nous ignorons ses résultats.

TUBERCULES.	POIDS TOTAL de la semence.	RÉCOLTE brute.	RÉCOLTE nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
	kil.	kil.	kil.	
Gros...	0.501	9.343	8.842	18
Petits.	0.155	3.318	3.163	28

Anderson conclut de ses expériences, faites avec un même nombre de tubercules dans les deux cas, que la quantité de pommes de terre obtenue dépend toujours plus ou moins du volume des tubercules reproducteurs, et que, dans aucun cas, il ne faut planter de petites pommes de terre. Anderson remarque également que le rapport de la récolte à la semence est plus élevé quand on plante de petits tubercules que lorsqu'on en sème de gros, c'est-à-dire que les premiers se reproduisent un plus grand nombre de fois que les seconds.

Le 8 avril 1797, Bergier, à Renens (1), près de Lausanne, exécuta quelques expériences analogues aux précédentes, dans un sol sans engrais où il disposa plusieurs lignes composées de 16 plants chacune. Lors de la récolte il constata les produits ci-dessous :

TUBERCULES.	POIDS TOTAL de la semence.	RÉCOLTE brute.	RÉCOLTE nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
	kil.	kil.	kil.	
Gros............	9.390	105.372	96.182	11
Moyens.........	4.190	82.520	78.330	19
Petits...........	2.320	78.840	76.520	33

Il ressort de ces nombres que les grosses semences sont plus productives que les petites ou les moyennes, et que le rapport de la récolte à la semence est en raison inverse de la grosseur des tubercules plantés.

L'illustre Schwerz, après de nombreux essais qui durèrent plusieurs années et qui confirmèrent pleinement les résultats de ses devanciers, conclut que, dans toute autre circonstance que la pénu-

(1) *Agriculture pratique* de Schwerz, t. III.

rie, on ferait un faux calcul en ne choisissant pas les plus belles pommes de terre pour la reproduction.

Payen et Chevallier (1), voulant s'assurer par des essais comparatifs, si le produit des pommes de terre augmentait avec le poids de la semence, plantèrent, vers 1822, une même variété dans le même terrain, en rendant autant que possible toutes les autres circonstances égales. Ils récoltèrent :

De 6 tubercules d'une grosseur moyenne.....	6 kil. 500
— plus petits..................	6 — 100

Payen et Chevallier trouvent que le surplus de récolte obtenu avec les gros tubercules indemnise bien au delà des prix plus élevés que coûtent les semenceaux.

En 1853 et en 1854, M. Magne (2) sema dans le même sol 138 tubercules de diverses grosseurs, divisés en trois catégories.

Les grosses semences donnèrent la plus forte récolte et les petites la plus faible; il en fut de même la seconde année, comme on peut le constater dans les tableaux suivants :

ANNÉE 1853

NOMBRE de TUBERCULES.	POIDS TOTAL de la semence.	RÉCOLTE brute.	RÉCOLTE nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
	kil.	kil.	kil.	
46 gros.........	10.500	58.500	48.0	5.6
46 moyens......	4.000	38.000	32.0	9.5
46 petits........	1.500	29.000	27.5	19.3

ANNÉE 1854

POIDS des TUBERCULES.	POIDS TOTAL de la semence.	RÉCOLTE brute.	RÉCOLTE nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
gr.	kil.	kil.	kil.	
60	0.600	3.990	3.330	6.6
49	0.490	3.790	3.300	7.7
48.3	0.483	2.600	2.117	5.3
18.6	0.186	2.390	2.204	12.8

(1) *Journal de pharmacie*, année 1824.
(2) *Traité d'agriculture* de M. Magne.

Des pommes de terre de Norwége, plantées par M. Huet (1), dans une terre de jardin, le 25 mars 1868, produisirent pour 16 plants de chaque catégorie :

Gros tubercules..................	20 litres.
Moyens tubercules................	16 —
Petits tubercules................	12 —

Une plantation faite le 8 février 1868, par le même auteur, avec des tubercules de diverses dimensions, donna lors de l'arrachage :

Tubercules de..	150 gr.	33 kil. 475
—	50 —	26 — 845
—	25 —	18 — 780

Ces produits démontrent suffisamment l'avantage de l'emploi des grosses semences.

Le savant agriculteur du Rittershof, M. Félix Villeroy (2), dans d'intéressantes expériences sur la plantation des pommes de terre, a récolté avec 30 tubercules de diverses grosseurs :

POIDS des tubercules.	POIDS TOTAL de la semence.	RÉCOLTE brute.	RÉCOLTE nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
gr. 43	kil. 1.296	kil. 7.072	kil. 5.776	5.4
19	0.576	5.812	5.236	10.0
9	0.272	5.244	4.972	19.2

Comme dans toutes les recherches que nous avons citées jusqu'à présent, les petits tubercules se sont multipliés un plus grand nombre de fois que les gros, mais ont été moins avantageux.

Dans sa ferme école de Chavaignac (Haute-Vienne), M. de Bruchard (3) fit diverses expériences dont voici les résultats :

(1) *Culture des pommes de terre*, par Vianne.
(2) *Traité d'agriculture* de MM. Girardin et Dubreuil, t. II.
(3) *Culture des pommes de terre*, par Vianne.

VARIÉTÉS.	PRODUIT des gros tubercules.	PRODUIT des petits tubercules.
	kil.	kil.
Saint-Jean......................	5.686	3.434
Limousin.......................	13.500	8.248
Patraque jaune.................	14.624	9.124
Tardive d'Islande..............	17.748	13.624
Brugeoise......................	15.341	10.686
Rohan..........................	15.031	4.748
Violettes......................	16.655	10.562
Truffe d'août..................	5.531	2.965
Vitelotte......................	4.562	2.000
Shaw...........................	4.965	3.717

On constate dans ce tableau que chaque variété de pomme de terre a un pouvoir productif différent, et que les grosses semences sont les plus profitables parmi toutes les variétés cultivées.

Les illustres agronomes de Roville et d'Orange, Mathieu de Dombasle et le comte de Gasparin, conseillèrent, après maintes observations, le semis de grosses pommes de terre de préférence aux moyennes ou aux petites.

Récentes expériences. — Plus récemment, cette question de l'influence de la semence sur le produit a été traitée dans les stations agronomiques de l'Allemagne et de l'Autriche; les résultats obtenus ont confirmé complétement les conclusions auxquelles on était arrivé en France.

Ainsi M. Dreisch (1), en semant des pommes de terre de la variété Gleason, sur un sol silico-argileux récemment fumé, au champ d'essais de l'Académie agricole de Proskau, a trouvé :

Poids moyen des tubercules semés.	Récolte totale par hectare.	Poids des tubercules malades par hectare.
118 gr.	46979 kil.	15192 kil.
50 —	40192 —	14044 —

(1) Voir *Biedermann's Central-Blatt für Agriculturchemie*, Heft VI, 1876.

Dans ces cultures, une partie des plants furent atteints de la frisolée, maladie qui diminua considérablement la récolte.

Il semble résulter de ces nombres que, même en cas de maladie, la plus forte récolte est donnée par la plus grosse semence.

Au champ d'expériences de l'institut agricole de l'université de Gõttingue, MM. Dreschler et Fesca (1) semèrent plusieurs variétés de pommes de terre dans les mêmes conditions, et ils obtinrent :

VARIÉTÉS.	SEMENCE.		POIDS de la semence employée.	RÉCOLTE brute.	RÉCOLTE nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
	DIMENSIONS.	POIDS.				
		gr.	kil.	kil.	kil.	
Rouge américaine.	Grosse.	516 à 567	71.5	461.5	390.0	6.4
	Moyenne.	149	37.8	362.5	324.7	9.5
Blanche Victoria.	Grosse.	325 à 446	90.5	475.2	384.7	5.2
	Moyenne.	90	42.0	369.0	327.0	8.7
Rouge de Gõttingue.	Grosse.	222 à 300	66.2	415.5	349.3	6.2
	Moyenne.	64	33.0	353.5	320.5	10.7

L'excédant du produit par hectare des grosses pommes de terre sur le produit des petites a été, après déduction de la semence :

Américaine.	Victoria.	Gõttingue.
3 920 kil.	3 460 kil.	1 720 kil.

MM. Dreschler et Vossler (2) disposèrent de nouvelles expériences en 1875, dans un sol convenablement préparé et un peu plus argileux que le précédent. Le tableau suivant fait connaître les résultats de ces nouvelles recherches.

Plusieurs cultures de pommes de terre, faites à Munich, de 1872 à 1875, par MM. Wolny et Pott (3), les ont amenés aux conclusions suivantes :

(1) Voir *Biedermann's Central-Blatt für Agriculturchemie*, Heft V, 1876.
(2) Voir *Biedermann's Central-Blatt für Agriculturchemie*, Heft VI, 1876.
(3) Voir *Biedermann's Central-Blatt für Agriculturchemie*, Heft I, 1876.

VARIÉTÉS.	SEMENCE.		RÉCOLTE brute.	RÉCOLTE nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
	DIMENSIONS.	POIDS employés.			
		kil.	kil.	kil.	
Rouge américaine.	Grosses.	83.5	272.5	189.0	3.2
	Moyennes.	41.0	195.0	154.0	4.7
	Petites.	22.5	154.4	132.0	6.8
Rouge de Göttingue.	Grosses.	84.0	236.0	152.0	2.8
	Moyennes.	39.0	194.0	155.0	4.9
	Petites.	20.0	145.3	125.3	7.2
Blanche Victoria.	Grosses.	61.0	190.5	129.5	3.1
	Moyennes.	35.0	146.5	115.5	4.1
	Petites.	20.0	112.0	92.0	5.6
Jaune de Saxe.	Grosses.	62.0	270.5	208.5	4.3
	Moyennes.	31.0	201.0	170.0	6.4
	Petites.	15.5	154.5	139.0	9.9

1° La récolte augmente avec le volume de la semence;

2° Le pouvoir productif des petits tubercules est plus grand que celui des moyens, et ceux-ci ont un pouvoir productif plus élevé que les gros;

3° Les dimensions des tubercules récoltés sont proportionnelles au volume des semences.

L'analyse démontra que les plus gros tubercules étaient les plus riches en fécules.

Le directeur de l'École supérieure d'agriculture d'Oberhermsdorf (Silésie autrichienne), M. Ferd. Janovsky (1), a fait de nombreuses expériences culturales sur les pommes de terre en 1875, et a obtenu des résultats analogues aux précédents.

Des recherches culturales faites par M. O. Vossler (2), dans le Wurtemberg, démontrèrent de la manière la plus évidente l'avan-

(1) Voir *Biedermann's Central-Blatt für Agriculturchemie*, Heft VI, 1876.
(2) Voir *Biedermann's Central-Blatt für Agriculturchemie*, Heft XII, 1876.

tage du semis des grosses pommes de terre. Cet auteur exécuta en outre de nouvelles expériences, afin de voir si, lorsqu'on met dans chaque poquet le même poids de semence, il est encore avantageux d'ensemencer de gros tubercules. Voici les résultats obtenus :

NOMBRE de poquets.	NOMBRE de tubercules par poquets.	POIDS de chaque tubercule.	POIDS de la semence par poquet.	RÉCOLTE brute.	RÉCOLTE nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
		gr.	gr.	k.	k.	
15	1	178	178	13.5	10.83	5.0
15	2	89	178	9.5	6.83	3.5
15	3	59	177	8,0	5.35	3.0

Ces nombres indiquent nettement qu'il est préférable de mettre un gros tubercule au lieu de deux petits dans chaque poquet.

M. Hellriegel était déjà arrivé au même résultat dans des expériences antérieures.

A la station agronomique d'Ida Marienhütte, MM. Bretschneider et Lichtenstaedt ont trouvé, dans une série d'expériences faites avec deux variétés de pommes de terre, que les tubercules les plus volumineux fournissaient la récolte la plus abondante.

En semant des pommes de terre de diverses dimensions, en 1873 et en 1874, M. Rimpau (1) observa que l'influence de la grosseur de la semence était d'autant plus prononcée qu'au début de la végétation le temps était plus froid et plus brumeux. Ce résultat confirme celui obtenu antérieurement par M. Pietrusky, dans ses recherches culturales sur les pommes de terre.

Le produit le plus élevé fut donné par les plus grosses semences, dans les récentes expériences de MM. Wolny, Pott, Halenke et Ammon, qui ont opéré avec neuf variétés de pommes de terre.

Nous pourrions encore citer les travaux de MM. Werner, Kreusler, Havenstein, etc., etc., qui sont arrivés aux mêmes conclusions favorables pour le semis de gros tubercules.

(1) Voir *Biedermann's Central-Blatt für Agriculturchemie*, Heft X, 1875.

Recherches faites au Muséum.

ENSEMENCEMENT

Les plus grosses semences furent également les plus productives dans une parcelle du jardin d'expériences du laboratoire de culture du Muséum d'histoire naturelle, que MM. Decaisne et Dehérain avaient eu la bienveillance de mettre à notre disposition et où nous avons fait cette année une culture de pommes de terre. Bien que cette culture n'ait pas été entreprise dans le but de déterminer l'influence du poids de la semence sur la récolte, elle nous a permis néanmoins de la constater dans plusieurs variétés. Le sol dans lequel nous avions planté nos tubercules était une terre de jardin, profonde, homogène, qui avait reçu toutes les préparations nécessaires. En 1875, cette parcelle était cultivée en betteraves, en 1876 nous y avions fait une culture de maïs; elle est d'une richesse exceptionnelle, aussi n'a-t-elle reçu aucun engrais depuis plus de dix ans.

Toutes nos semences, sauf celles de quelques variétés, avaient été récoltées à Bessancourt (Seine-et-Oise), dans le jardin d'expériences de M. Vavin, président de la commission des cultures expérimentales de la Société centrale d'horticulture de France, qui avait eu l'amabilité de mettre ses collections à notre disposition. Nous avions ainsi des variétés qui, depuis plusieurs années, étaient cultivées dans les mêmes sols, à la même exposition, qui avaient reçu les mêmes engrais, des façons culturales identiques, et qui avaient été soumises aux mêmes influences atmosphériques.

Nos plants furent semés le 23 avril 1877, en lignes, avec un écartement de $0^m,50$ en tous sens. Nous avions placé nos tubercules de manière que leur partie supérieure, ou partie bourgeonnante, fût à 10 ou 12 centimètres de la surface du sol; avec la main, nous avions légèrement comprimé la terre autour et au-dessus du tubercule.

Récolte.

Le tableau n° I fait connaître les résultats que nous avons obtenus.

TABLEAU I.

NUMÉROS des paquets.	DATES de L'ARRACHAGE.	VARIÉTÉS.	POIDS de la semence.	OIDS de la récolte.	POIDS de la récolte nette.	RAPPORT de la récolte à la semence.
			gr.	gr.	gr.	
1 2	23 août.	Hybride. Versailles sur Ste-Hélène.	33 35	395 660	362 625	11.9 18.8
16 17	31 août.	Souris.	50 26	710 173	660 147	14.2 6.6
63 64	31 août.	Hybride violette Luxembourg sur Hollande.	78 26	192 72	114 46	2.4 2.7
65 66	31 août.	Hybride. Canada sur chardon.	48 32	250 185	202 153	5.2 5.7
68 69	23 août.	Tètart.	202 161	520 450	318 289	2.5 2.7
71 72	6 septembre.	Boule de farine.	98 32	1130 106	1032 74	11.5 3.3
73 74	23 août.	Moose anvenoise.	68 52	1654 800	1586 748	24.3 15.3
82 83	31 août.	Hollande.	62 52	1123 810	1061 758	18.1 15.5
90 91	6 septembre.	Marjolin.		454 230	404 195	9.0 6.5
92 93 94	6 septembre.	Marceau.	70 55 45	1070 600 470	1000 545 425	15.2 10.9 10.4
98 99	6 septembre.	Rosée de Conflans.	52 36	196 48	144 12	3.7 1.3
100 101	6 septembre.	Printanière.	49 35	2335 1312	2286 1277	47.6 37.5
102 103	6 septembre.	Truffe d'août.	20 17	510 30	490 13	25.5 1.7

On constate, en examinant les nombres contenus dans ce tableau, que chaque variété de pommes de terre a une fertilité particulière

et que le poids de la récolte est, dans toutes les variétés, d'autant plus élevé que le poids de la semence est plus grand, quoique l'influence de ce dernier poids soit différente dans chacune des variétés cultivées.

Toutefois, on aurait tort d'attribuer au poids de la semence les différences de produits des nos 1 et 2, 102 et 103, parce qu'il est évident qu'un excès de 2 à 3 grammes dans le poids des semences ne peut amener des excédants de récolte de 265 et de 480 grammes par plant. D'autres circonstances ont certainement agi dans ces deux cas.

En déduisant le poids de la semence du poids brut de la récolte, on obtient le produit net qui augmente également, dans chaque variété, avec le poids des tubercules ensemencés.

Le rapport de la récolte à la semence est en général plus grand avec les grosses semences qu'avec les petites, ce qui revient à dire que la récolte obtenue par 100 grammes de tubercules ensemencés est d'autant plus considérable qu'on a semé de plus grosses pommes de terre.

Pour quatre variétés, le produit a été sensiblement proportionnel au poids de la semence, c'est-à-dire que 100 grammes de gros ou de petits tubercules ont fourni la même récolte.

Greffe des pommes de terre.

On peut déduire une conséquence très-importante de ces dernières observations : si on extirpe tous les yeux d'une pomme de terre et qu'on y greffe les bourgeons d'un autre tubercule, le poids de la récolte pourra fournir une indication précieuse sur la réussite de la greffe; en effet, si le rapport du poids de la récolte au poids des bourgeons est supérieur au rapport que l'on obtiendrait en ne semant que les yeux, on doit en conclure que les matières nutritives du sujet ont servi à l'alimentation des greffons.

Ces rapports pourraient certainement être très-modifiés si l'on ne semait que des morceaux de tubercules; mais, au lieu de semer des greffons, on peut planter deux tubercules de même poids, appartenant à la même variété de pommes de terre, l'un greffé et l'autre ne l'étant pas. Si les produits du premier tubercule sont supérieurs ou égaux aux produits du second, la réussite de la greffe sera évidente.

Ainsi, en greffant un grand nombre de pommes de terre, plusieurs d'entre elles ont fourni une récolte insignifiante, n'ayant aucun indice de métissage; quelques autres, au contraire, ont produit des récoltes qui, sans autre indice, permettent d'affirmer la réussite de la greffe; telles sont, par exemple, celles des plants nos 7, 15, 18 et 85, que nous indiquons dans le tableau ci-dessous.

NUMÉROS des poquets.	DATES de L'ARRACHAGE.	VARIÉTÉS GREFFÉES.		POIDS de la semence.	RÉCOLTE.	RAPPORT de la récolte à la semence.
		SUJETS.	GREFFONS.			
7	25 juillet.	Luxembourgeoise.	Early rose.	gr. 163	gr. 450	2.7
78	23 août.	—	Non greffée.	117	335	2.8
15	31 août.	Canada.	Souris.	76	480	6.3
14	—	—	Non greffée.	58	315	5.4
85	31 août.	Marjolin.	Marceau.	65	300	4.6
9	—	—	Non greffée.	44	295	6.7
18	31 août.	Souris.	Canada.	38	567	14.9
16	—	—	Non greffée.	50	710	14.2
17	—	—	id.	26	173	6.6

Mode de greffe.

Pour greffer nos tubercules, nous nous étions servi du procédé Vavin, qui consiste à enlever tous les yeux d'une pomme de terre à l'aide d'un emporte-pièce cylindrique, et à les remplacer par des cylindres de pommes de terre munis de bourgeons pris sur un autre tubercule. En opérant ainsi, on a un sujet dans lequel on a introduit de 5 à 20 grammes de greffons, selon la quantité de ces derniers. Or, comme quelques-uns de ces tubercules greffés nous ont donné des récoltes sensiblement proportionnelles au poids de la semence, il faut forcément que les greffons aient utilisé les matières nutritives du sujet

Influence du poids des semences sur la production de la matière sèche

En déterminant la matière sèche contenue dans la récolte, et en calculant la quantité qui serait produite sur un hectare, il sera possible d'apprécier la valeur réelle (1) des tubercules de diverses dimensions; c'est ce que nous avons fait dans le tableau n° II.

TABLEAU II.

NUMÉROS des poquets.	VARIÉTÉS.	POIDS de la récolte.	MATIÈRE SÈCHE dans cent de tubercules.	MATIÈRE SÈCHE de la récolte.	MATIÈRE SÈCHE produite par hectare.
		gr.		gr.	kil.
16	Souris.	710	19.18	136.17	5446
17	—	173	16.80	29.06	1162
65	Hybride.	250	19.85	49.62	1984
66	—	185	17.92	33.15	1326
71	Boule	1130	21.92	247.69	9907
72	de farine.	106	18.13	19.21	768
82	Hollande	1123	20.27	227.63	9105
83	—	810	20.60	166.86	6674
90	Marjolin.	454	19.20	87.16	3486
91	—	230	19.17	44.09	1763
92	Marceau.	1070	19.57	209.39	8375
93	—	600	19.92	119.52	4780
94	—	470	17.80	83.66	3346
100	Printanière.	2335	24.29	567.17	22686
101	—	1312	22.43	294.28	11771

On y remarque non-seulement que toutes les variétés ne sont pas également riches en matière sèche, ce qui est du reste bien connu, mais aussi que cette richesse varie considérablement chez des tubercules appartenant à une même variété et provenant de semences de poids différents; les plus gros tubercules fournissent en général les récoltes les plus abondantes et les plus riches en matière sèche. Sur un hectare, un léger excès dans le poids de la semence produirait un excédant de récolte de plusieurs milliers de kilos, contenant plus de mille kilogrammes de matière sèche.

(1) La matière sèche ou la quantité de fécule pour cent n'est évidemment pas le seul criterium de la valeur des pommes de terre destinées à la consommation.

Les industriels paraissent donc avoir tout intérêt à acheter de préférence les récoltes les plus abondantes, puisque celles-ci renferment, dans 100 parties, une plus grande quantité de matière sèche que les récoltes faibles.

Influence du poids des semences sur le volume des tubercules.

Dans le tableau n° III, nous faisons connaître le nombre de tuber-

TABLEAU III.

NUMÉROS des poquets.	VARIÉTÉS.	POIDS des semences	POIDS des gros tubercules.	POIDS des petits tubercules. (1)	POIDS du plus gros tubercule.	NOMBRE de tubercules.	NOMBRE de gros tubercules.	NOMBRE de petits tubercules.
		gr.	gr.	gr.	gr.			
1	Hybride.	33	»	»	»	12	»	»
2	—	35	»	»	»	30	»	»
16	Souris.	50	555	155	52	45	16	29
17	—	26	135	38	57	8	3	5
63	Hybride.	78	43	149	43	22	1	21
64	—	26	0	72	14	9	0	9
65	Hybride.	48	240	10	149	3	2	1
66	—	32	168	17	115	5	3	2
68	Têtart.	202	»	»	»	22	»	»
69	—	161	»	»	»	13	»	»
71	Boule	98	995	135	75	21	9	12
72	de farine.	32	86	20	28	5	3	2
73	Moose.	68	»	»	»	13	»	»
74	—	52	»	»	»	11	»	»
90	Marjolin.	50	409	45	50	21	10	11
91	—	35	200	30	60	8	5	3
92	Marceau.	70	980	90	275	12	6	6
93	—	55	583	17	255	6	5	1
94	—	45	470	0	182	4	4	0
98	Rosée	52	55	141	32	15	2	13
99	de Conflans.	36	0	48	12	5	0	5
100	Printanière.	49	2279	56	250	27	21	6
101	—	35	1212	100	135	24	15	9
102	Truffe d'août.	20	210	300	82	35	5	30
103	—	17	30	0	30	1	1	0

(1) Tubercules pesant moins de 20 grammes.

cules produits par chaque plant, et nous les divisons en deux catégories; l'une comprend toutes les pommes de terre dont le poids est égal ou supérieur à 20 grammes, l'autre contient toutes celles d'un poids inférieur.

On voit, d'après les nombres inscrits dans ce tableau, qu'en général les grosses semences fournissent à la fois le plus grand poids et le plus grand nombre de gros et de petits tubercules; on remarque également, d'une manière générale, que le tubercule le plus volumineux de chaque poquet est produit par la plus forte semence.

Avantages du semis de gros tubercules.

Les gros tubercules employés comme semences présentent donc de nombreux avantages, car, quelle que soit la variété à laquelle ils appartiennent, quelle que soit l'époque de l'arrachage, ils fournissent, dans les mêmes conditions, la récolte nette la plus abondante, la récolte la plus élevée pour un même poids de semence, une plus grande quantité de gros tubercules contenant la plus forte proportion de matière sèche.

Influence du climat.

Dans tous les travaux (sauf ceux de M. Vossler) que nous avons cités au commencement de cette note, on constate que la récolte produite par 100 grammes de pommes de terre est d'autant plus considérable que la semence est plus petite, tandis que nous avons obtenu un résultat général exactement inverse. On peut attribuer cette discordance de résultats à des influences climatériques; il est en effet évident qu'au début de la plantation, le poids de la plante est sensiblement proportionnel au poids de la semence (en admettant que toutes les pommes de terre se trouvent dans les mêmes conditions), ce rapport restera le même pendant un certain temps, parce que les plus fortes semences fourniront les plants les plus vigoureux; si les circonstances sont favorables à la végétation des tubercules, les rameaux aériens ne se développeront plus aux dépens de la semence et une partie de celle-ci deviendra inutile; à partir de cette époque, les plants, puisant leur nourriture dans le sol à l'aide de leurs racines, ne resteront plus proportionnels au

poids de la semence. L'inégalité de poids qui existait entre les plantes aura une tendance à disparaître peu à peu, et, si la durée de la végétation le permet, les végétaux pourront acquérir le même poids et produire à peu près la même quantité de tubercules. Dans ces conditions, le rapport de la récolte à la semence sera d'autant plus élevé qu'on aura semé de plus petits tubercules.

Si, au contraire, les circonstances sont défavorables au développement des plantes, les plants qui seront pourvus du système radiculaire le mieux développé, seront à même de fournir une récolte beaucoup plus abondante que celle de plants peu développés, car ces derniers ne pourraient élaborer autant de matériaux que les premiers. Durant toute la végétation, l'inégalité qui existait dès le premier jour entre les plants s'accroîtra, et les plus gros tubercules produiront la plus forte récolte pour 100 de semence.

Toutefois, comme la durée de végétation des pommes de terre est relativement courte, il en résulte que, même dans les meilleures circonstances, les petites semences ne peuvent produire autant que les grosses. C'est ce qui semble démontré par toutes les expériences que nous avons fait connaître.

MM. Pietrusky et Rimpau, dont nous avons rappelé les travaux plus haut, ont constaté que la différence entre les produits de grosses et de petites semences était d'autant plus faible qu'au début de la végétation la température était plus élevée et la lumière plus vive; c'est-à-dire qu'il se produit un arrêt des jeunes plantes quand la chaleur et la lumière ne suffisent pas pour développer l'assimilation.

M. Rimpau croit que dans certaines circonstances il peut être aussi avantageux d'employer de petites semences que des grosses; mais, comme nous venons de le dire, c'est ce qui n'a jamais eu lieu dans les cultures précédemment mentionnées.

Il est donc possible, quand les conditions météorologiques sont favorables à la végétation, que les petits tubercules produisent la plus forte récolte pour 100 grammes de semence; mais, même dans ce cas, on aura grand intérêt à ne semer que de grosses pommes de terre.

IV. — Causes de la fertilité des semences. — Influence du nombre de rameaux.

MM. Dreschler et Vossler (1) expliquent les variations de récolte que l'on obtient avec des semences de divers volumes, par le développement d'un plus grand nombre de rameaux, sur les gros tubercules, ce qui pourvoit la plante d'un système radiculaire très-étendu et lui permet d'assimiler une plus forte quantité de matières nutritives.

Il est vrai que les gros tubercules ont souvent (2) un plus grand

TABLEAU IV.

NUMÉROS des poquets.	VARIÉTÉS.	NOMBRE de rameaux.	POIDS de la semence.	POIDS de la récolte.	RAPPORT entre la récolte et le nombre de rameaux.	RAPPORT de la semence au nombre de rameaux.
			gr.	gr.		
1	Hybride.	5	33	395	75	6
2	—	5	35	660	132	7
63	Hybride.	4	78	192	48	19
64	—	3	26	72	24	8
65	Hybride.	3	48	250	83	16
66	—	3	32	185	61	10
68	Têtart.	5	202	520	104	40
69	—	5	161	450	90	32
73	Moose.	4	68	1654	413	17
74	—	2	52	800	400	26
82	Hollande.	7	62	1123	160	8
83	—	7	52	810	115	7
92	Marceau.	4	70	1070	267	17
93	—	3	55	600	200	18
94	—	2	45	470	235	22
100	Printanière.	6	49	2335	389	8
101	—	5	35	1312	262	7
102	Truffe d'août.	5	20	510	102	4
103	—	5	17	30	6	3

(1) Voir *Biedermann's Central-Blatt für Agriculturchemie*, Heft VI, 1877.

(2) Dans quelques variétés de pommes de terre, tous les tubercules ont le même nombre de bourgeons, quelles que soient leurs dimensions.

nombre de bourgeons que les petits, mais tous ne donnent pas naissance à un rameau; il arrive même fréquemment qu'il ne se développe qu'un petit nombre d'yeux et que ce nombre est le même pour des semences très-différentes de volume; ainsi, dans le tableau n° IV, on voit que dans plusieurs cas les tubercules ont émis un même nombre de rameaux aériens, bien que leurs dimensions fussent assez différentes. Il en résulte que la quantité de pommes de terre produite en moyenne par chaque rameau sera, en général, d'autant plus considérable que ces rameaux proviendront de plus grosses semences; c'est ce qui ressort nettement des chiffres indiquant le rapport entre la récolte et le nombre de rameaux. Il s'ensuit également que le rapport du poids de la semence au nombre de rameaux sera presque toujours plus élevé avec de gros tubercules, c'est-à-dire que chez ces derniers, les bourgeons auront constamment une plus forte quantité de matières nutritives à leur disposition.

S'il était vrai, comme on l'a dit quelquefois, que les variétés les plus productives étaient celles qui possèdent le plus de bourgeons, elles devraient émettre le plus de rameaux aériens; or il n'en est rien, ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'examen du tableau n° V, dans lequel il est visible que les variétés ayant le même nombre de rameaux, n'ont pas produit une égale récolte, et que les variétés les plus fertiles ne sont pas celles qui ont développé la plus grande quantité de bourgeons.

Il faut donc attribuer la différence de production des variétés à toute autre cause qu'au nombre de bourgeons; car, quand bien même les meilleurs producteurs auraient le plus de rameaux, ce fait indiquerait simplement que le plus grand nombre de bourgeons est un effet et non la cause de la plus grande fertilité des diverses variétés de pommes de terre.

Chez les pommes de terre, le produit est donc, dans une certaine mesure, indépendant du nombre de rameaux; c'est un résultat qui a déjà été signalé par MM. Bretschneider et Lichtenstaedt.

Influence de la densité des semences.

Si les plus grosses semences fournissent les récoltes les plus élevées, cela tient probablement à diverses causes; on sait que les gros tubercules sont en général plus denses que ceux de dimensions

TABLEAU V.

NUMÉROS des poquets.	DATE de L'ARRACHAGE.	VARIÉTÉS.	POIDS de la récolte.	RAMEAUX.
			gr.	
70	31 août.	Boule de farine.	1010	12
71	6 septembre.	—	1130	8
82	31 août.	Hollande.	1133	7
83	—	—	810	7
80	31 août.	Sainte-Hélène.	610	7
78	23 août.	Luxembourgeoise.	335	7
14	31 août.	Canada.	315	7
22	23 août.	Early rose.	195	7
16	31 août.	Souris.	710	6
67	23 août.	?	240	6
100	6 septembre.	Printanière.	2335	6
101	—	—	1312	5
102	6 septembre.	Truffe d'août.	510	5
103	—	—	30	5
79	31 août.	Sainte-Hélène.	245	5
87	6 septembre.	Marceau.	430	5
68	23 août.	Têtart.	520	5
69	—	—	450	5
75		Xavier.	245	5
1	23 août.	Hybride.	395	5
2	—	—	660	5
15	31 août.	Canada.	480	4
73	23 août.	Moose.	1054	4
92	6 septembre.	Marceau.	1070	4
95	6 septembre.	Hollande.	1200	4
97	6 septembre.	Merveilleuse.	1287	4
63	31 août.	Hybride.	192	4
64	—	—	72	3
65	31 août.	Hybride.	250	3
66	—	—	185	3
3	31 août.	Hybride.	430	3
93	6 septembre.	Marceau.	600	3
94	—	—	470	2
74	23 août.	Moose.	800	2
18	31 août.	Souris.	567	2

inférieures, ils sont, par conséquent, relativement à leur poids, plus riches en matière sèche. Les bourgeons qui se développent sur une pomme de terre étant en général en égale quantité, quelle que soit la grosseur de la semence, ils pourront disposer d'une plus grande quantité de matières nutritives quand ils naîtront sur un tubercule volumineux; plus vigoureux, mieux nourris, ils prendront un développement beaucoup plus considérable que ceux qui proviennent de petits tubercules. Ces organes aériens, plus étendus, pourvus d'une plus grande surface foliaire, seront à même d'émettre un système souterrain très-développé et d'alimenter abondamment les pommes de terre en voie de formation.

Influence de la migration des principes immédiats des fanes.

Quelquefois aussi le système aérien d'une pomme de terre peut être très-développé, et le produit souterrain insignifiant; il semble que dans ce cas la migration des principes immédiats élaborés dans les fanes ne puisse se faire : elles se flétrissent, se dessèchent, mais restent riches en matières de toute sorte.

Cette faculté de migration des principes élaborés par la plante est héréditaire; elle est très-élevée chez certaines variétés, très-faible chez quelques autres; quelquefois la migration s'accomplit rapidement, souvent elle est plus ou moins lente; en général elle se trouve à un plus haut degré chez les gros tubercules que chez les petits, c'est ce que permet de constater le tableau n° VI.

Dans ce tableau, on a indiqué le poids des fanes des pommes de terre de diverses variétés lors de l'arrachage, qui, pour chaque variété, a été fait le même jour; on remarque que le poids des fanes restantes est constamment plus élevé chez les plants produits par les plus petits tubercules, ce qui semble prouver que la migration des principes immédiats des rameaux aériens aux organes souterrains s'effectuer aussi aisément lorsqu'ils proviennent de petites semences, ou bien que cette migration exige un temps plus considérable pour s'accomplir.

Quand on greffe des pommes de terre, on obtient souvent une énorme quantité de fanes, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau suivant; mais elles sont encore vertes quand celles d'autres tubercules appartenant à la même variété sont déjà complétement desséchées. Dans ce cas, la récolte est toujours très-minime.

TABLEAU VI.

NUMÉROS des poquets.	VARIÉTÉS.	POIDS de la semence.	POIDS des fanes lors de la récolte.
2	Hybride.	gr. 35	gr. 830
1	—	33	1600
4	Hybride.	54	380
5	Suède sur chardon.	52	650
16	Souris.	50	210
18 (1)	—	38	660
63	Hybride.	78	57
64	—	26	95
79	Sainte-Hélène.	62	235
80	—	50	660
82	Hollande.	62	1345
83	—	52	1420
92	Marceau.	70	1170
93	—	55	1208
94	—	45	1210
96	Merveilleuse.	61	10
97	—	35	270
102	Truffe d'août.	20	410
103	—	17	1250
68	Têtart.	202	47
6 (1)	—	169	123
9	Marjolin.	44	10
10 (1)	—	37	145
89	Marjolin.	72	10
85 (1)	—	65	350

Il ne faudrait pas conclure, des nombres du tableau n° VI, que les gros tubercules produisent une moindre quantité de fanes que les petits; quelques arrachages prématurés permettraient de constater que le contraire a lieu dans un grand nombre de cas.

En général, quand on récolte des pommes de terre un peu avant leur complète m[illegible] poids total de la plante, tubercules et

(1) Tubercules

fanes, s'élève avec le poids de la semence, mais non proportionnellement à ce poids, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau n° VII.

TABLEAU VII.

NUMÉROS des poquets.	VARIÉTÉS.	POIDS TOTAL du végétal.	RAPPORT de la plante au poids de la semence.
1	Hybride.	gr. 1995	60.4
2	—	1490	42.5
16	Souris.	920	18.4
17	—	173	6.6
63	Hybride.	249	3.1
64	—	167	6.4
65	Hybride.	560	11.6
66	—	285	8.9
68	Têtart.	567	2.8
69	—	482	2.9
71	Boule de farine.	2380	24.2
72	—	106	3.3
73	Moose.	2199	32.3
74	—	832	16.0
82	Hollande.	2468	39.7
83	—	2230	42.8
90	Marjolin.	454	9.0
91	—	230	6.5
92	Marceau.	2240	31.9
93	—	1808	32.8
94	—	1680	37.3
98	Rose de Conflans.	196	3.7
99	—	48	1.3
100	Printanière.	4785	97.6
101	—	1742	49.7
102	Truffe d'août.	920	46.0
103	—	1280	75.2

Chez plusieurs plants, le rapport du poids du végétal au poids de la semence est plus grand pour les fortes semences que pour les petites; chez quelques autres, c'est l'inverse, ce qui indique une production excessive de rameaux aériens.

Influence de l'aoûtage des tubercules.

Si les petites pommes de terre produisent une moindre quantité de matières que les grosses, cela peut tenir encore à ce que ces semences n'ont pas acquis tout leur développement et qu'elles ne sont pas complétement aoûtées; leurs bourgeons seront rares, mal conformés, faibles et chétifs, ils se développeront lentement et seront plus exposés à souffrir des intempéries que les vigoureux bourgeons issus de grosses semences.

Nous n'avons observé aucune différence entre l'époque de la floraison des pieds de pommes de terre provenant de diverses semences; pour chacune des variétés ayant fleuri, la floraison a eu lieu dans le courant de la même semaine, quel que fût le poids du tubercule ensemencé.

Influence du système radiculaire.

Les variétés les plus fertiles ne sont pas celles qui fournissent les plants dont le système radiculaire (1) est le mieux développé; en effet, en pesant à plusieurs reprises les racines des deux variétés Zélande et Compton-Surprise, nous avons trouvé que les premières avaient donné naissance à des plants dont les racines pesaient deux et trois fois plus que celles des pommes de terre Surprise qui ont été beaucoup plus productives que les Zélande.

Ces observations ne furent pas continuées au delà du 25 juillet, époque à partir de laquelle il devint extrêmement difficile de se procurer tout le système souterrain (2) des pommes de terre.

Nous donnons quelques chiffres relatifs à la variété Compton-Surprise, dans le tableau n° VIII; on y remarque, bien que tous les plants aient été arrachés le 7 juin, qu'il y a une notable différence entre le poids des divers organes, suivant le volume de la semence qui leur a donné naissance.

(1) Nous comprenons, sous le nom de système radiculaire, l'ensemble des racines de la pomme de terre.

(2) Par système souterrain, nous désignons tous les organes souterrains, racines rameaux et tubercules.

TABLEAU VIII.

POIDS de la semence.	POIDS des tiges aériennes.	POIDS des racines.	POIDS des tubercules.	NOMBRE de tubercules.	NOMBRE de rameaux aériens.	NOMBRE d'yeux développés.	LONGUEUR moyenne des fanes.
gr. 41	gr. 278	gr. 7.3	gr. 15.2	18	6	3	m. 0.40
95	144	8.8	»	»	8	5	0.40
124	386	10.7	2.0	1	8	4	0.45
200	314	16.8	12.6	15	8	3	0.45
286	236	12.0	18.3	7	7	4	0.50

Le poids des tiges aériennes est plus élevé lorsqu'elles proviennent de grosses semences, mais ce poids n'est nullement proportionnel au volume de celles-ci; il en est de même pour le développement du système souterrain. Les jeunes tubercules sont déjà mieux formés, plus volumineux chez les plants issus de grosses pommes de terre; les racines de ces plants sont plus nombreuses, plus étendues que celles nées d'un petit tubercule.

Il s'est développé à peu près le même nombre de rameaux aériens dans tous les cas, et ces rameaux ne proviennent que d'un petit nombre d'yeux qui avaient deux ou trois bourgeons. C'est une nouvelle preuve de ce que nous avons déjà avancé, savoir que les pommes de terre ne développent en général qu'un petit nombre de leurs bourgeons et que ceux-ci naissent sur quelques yeux seulement.

D'autres observations sont indispensables pour avoir une idée de l'influence que peut exercer le développement des racines sur la multiplication des tubercules, et pour connaître l'influence du poids de la semence sur ce développement. Les quelques nombres que nous avons obtenus semblent indiquer que l'accroissement des rameaux aériens, au début de la végétation, se fait surtout aux dépens des matériaux de la semence.

Lors de la récolte, les dimensions des racines étaient sensiblement les mêmes chez toutes les pommes de terre et dans toutes les variétés que nous avons cultivées, mais il n'en était pas de même des rameaux souterrains sur lesquels naissent les tubercules; nous avons constaté d'une façon assez constante que leur longueur était en raison inverse de la récolte; leur poids variait par conséquent dans le même sens.

Influence de l'utilisation complète de la semence.

Parfois, lors de l'arrachage des plants de pommes de terre, nous avons retrouvé la semence incomplétement vidée, plus ou moins bien conservée; ce cas a été beaucoup plus fréquent chez les individus issus de petits tubercules, ce qui laisse supposer que l'amidon et les autres matériaux des petites pommes de terre ne peuvent servir entièrement à la formation des tiges et des feuilles naissantes.

La variété de pommes de terre qui nous a servi pour déterminer les nombres contenus dans ce tableau, est la Compton-Surprise, pomme de terre violette assez productive. Tous les nombres sont les moyennes de 5 pieds, sauf ceux du 9 octobre qui représentent la moyenne de 18 pieds de pommes de terre.

En résumé, la fertilité des gros tubercules paraît être due en partie :

1° A leur grande richesse en matière sèche;

2° A la masse de matières nutritives mises à la disposition des bourgeons;

3° Au prompt développement des organes;

4° A l'étendue des surfaces chlorophylliennes;

5° A l'utilisation complète des aliments contenus dans la semence;

6° A ce que la migration des principes immédiats des fanes, dans les tubercules, s'effectue facilement.

7° Au développement et à l'aoûtage normal de ces tubercules.

V. — Développement des organes.

Le travail organique paraît se concentrer principalement sur le développement des rameaux aériens, au début de la végétation; on voit en effet, en comparant le poids des divers organes d'une pomme de terre, dans le tableau ci-dessous, que les fanes s'accroissent d'abord beaucoup plus rapidement que les organes souterrains et qu'elles atteignent leur maximum de poids vers le 1er août, époque à partir de laquelle les tubercules paraissent utiliser complétement à leur profit les matériaux accumulés dans les fanes.

TABLEAU IX.

DATE des ARRACHAGES	POIDS des fanes.	POIDS des tubercules.	RAPPORT du poids des fanes au poids des tubercules.	Accroissement journalier des fanes.	Accroissement journalier des tubercules.
7 juin.........	gr. 254	gr. 19	gr. 13	gr. 6.3	gr. 0.4
8 juillet.......	636	152	4.1	12.3	4.8
1er août.......	964	466	2.0	14.2	13.7
27 août.........	822	673	1.2	»	7.9
20 septembre....	585	»	»	»	»
9 octobre......	20	746	746	»	1.6

Jusqu'au 7 juin, les fanes se sont accrues journellement de 6gr,3; du 7 juin au 8 juillet, de 12gr,3; du 8 juillet au 1er août, de 14gr,2. C'est pendant cette dernière période qu'elles ont acquis à la fois leur poids et leur accroissement journalier maximum; après le 1er août, les organes aériens diminuent constamment de poids jusqu'à la maturité.

Quant aux tubercules, ils s'accroissent très-lentement jusqu'au 8 juillet, ensuite très-rapidement jusqu'au 1er août, époque où leur augmentation de poids journalière paraît atteindre son maximum; les fanes cessent alors de s'accroître, les tubercules continuent au contraire, mais ils absorbent de moins en moins de matière jusqu'au 9 octobre, jour où la dessiccation des fanes était complète.

VI. — Tubercules à employer comme semence. — Limite physiologique.

M. Vavin, qui a fait de précieux travaux sur les pommes de terre, a démontré qu'il y avait un écueil physiologique à éviter dans le semis de gros tubercules. En plantant d'énormes tubercules, d'un développement anormal, la récolte ne confirme pas les prévisions, elle est parfois absolument nulle. Il y a sans doute, pour chaque variété de pommes de terre, une semence d'un certain poids qui, dans les mêmes circonstances, produit la récolte nette maxima.

Limite économique.

Toutefois, dans la culture, cet écueil physiologique n'est pas à redouter, car avant de l'atteindre il se présente un écueil ou une limite économique qui en préservera complétement les praticiens. On conçoit en effet que les volumineux tubercules ne sont qu'une exception et que les frais de leur ensemencement seraient excessifs; que le prix des pommes de terre, en général élevé au moment de la plantation et relativement faible à l'époque de la récolte, règle en partie les dimensions de la semence à employer. De plus, il y a des chances de pertes à courir, des frais de conservation qui doivent entrer également en ligne de compte, car c'est le prix de vente qui détermine toujours le prix de revient.

Conclusions.

De toutes les recherches énumérées dans ce mémoire on peut, il nous semble, tirer les conclusions suivantes :

1° La fertilité des semences de pommes de terre s'élève avec leur poids.

2° Les qualités des semences sont héréditaires.

COMPOSITION DES MÉLASSES

PAR

M. PAGNOUL

Directeur de la station agricole du Pas-de-Calais.

Ayant eu récemment à analyser, au point de vue de leur richesse en sucre, 120 échantillons de mélasses d'origines différentes et destinées à la distillerie, il nous a paru intéressant de profiter de cette circonstance pour obtenir une composition moyenne des mélasses employées à la fabrication de l'alcool.

Nous avons donc réuni les 120 échantillons et nous avons soumis le mélange à une analyse détaillée qui nous a donné les résultats suivants :

Degré Beaumé à la température de 15°	41,6
Densité correspondante	1,405

COMPOSITION GÉNÉRALE.

Sucre cristallisable	45,08
Sucre incristallisable	0,83
Cendres solubles	10,10
Cendres insolubles	0,79
Eau	26,04
Matières organiques autres que le sucre	17,16
Total	100,00

Le sucre a été dosé par la liqueur cuivrique. Pour les cendres on a calciné 25 gr. de mélasse dans une capsule de platine; le résidu charbonneux a été traité par l'eau bouillante et calciné de nouveau; on a évaporé le liquide et pesé le résidu après dessiccation à 200°. L'eau a été déterminée en imbibant de mélasse des fragments de pierre ponce, dans une large capsule, et desséchant pendant 10 heures entre 100 et 110°.

Nous avons recherché ensuite les cendres sulfatées, en suivant la marche adoptée pour les sucres.

Le poids trouvé pour 100 a été de	13,88
Ou, en retranchant un dixième	12,49

Nombre plus fort que le poids réel, qui était de 10,89.

Le rapport entre ce dernier poids et celui des cendres sulfatées est :

$$\frac{10,89}{13,88} = \frac{78}{100}$$

c'est par conséquent $\frac{22}{100}$, c'est-à-dire environ $\frac{2}{10}$, et non pas $\frac{1}{10}$, qu'il faudrait retrancher des cendres sulfatées pour avoir les cendres réelles.

Le rapport entre le poids du sucre cristallisable et celui des cendres totales est :

$$\frac{45,08}{10,89} = 4,14.$$

Tel serait donc, d'après les résultats qui précédent, le coefficient par lequel il faudrait multiplier le poids des cendres totales pour avoir le poids du sucre cristallisable engagé dans les mélasses.

Les nitrates ont été dosés par le protochlorure de fer, à l'état de bioxyde d'azote; nous avons obtenu pour 100 de mélasse :

En acide nitrique	1,31
Ou en nitrate de potasse	2,45

TABLEAU V.

NUMÉROS des poquets.	DATE de L'ARRACHAGE.	VARIÉTÉS.	POIDS de la récolte.	RAMEAUX.
70 71	31 août. 6 septembre.	Boule de farine. —	gr. 1010 1130	12 8
82 83	31 août. —	Hollande. —	1133 810	7 7
80	31 août.	Sainte-Hélène.	610	7
78	23 août.	Luxembourgeoise.	335	7
14	31 août.	Canada.	315	7
22	23 août.	Early rose.	195	7
16	31 août.	Souris.	710	6
67	23 août.	?	240	6
100 101	6 septembre. —	Printanière. —	2335 1312	6 5
102 103	6 septembre. —	Truffe d'août. —	510 30	5 5
79	31 août.	Sainte-Hélène.	245	5
87	6 septembre.	Marceau.	430	5
68 69	23 août. —	Têtart. —	520 450	5 5
75		Xavier.	245	5
1 2	23 août. —	Hybride. —	395 660	5 5
15	31 août.	Canada.	480	4
73	23 août.	Moose.	1654	4
92	6 septembre.	Marceau.	1070	4
95	6 septembre.	Hollande.	1200	4
97	6 septembre.	Merveilleuse.	1287	4
63 64	31 août. —	Hybride. —	192 72	4 3
65 66	31 août. —	Hybride. —	250 185	3 3
3	31 août.	Hybride.	430	3
93 94	6 septembre. —	Marceau. —	600 470	3 2
74	23 août.	Moose.	800	2
18	31 août.	Souris.	567	2

inférieures, ils sont, par conséquent, relativement à leur poids, plus riches en matière sèche. Les bourgeons qui se développent sur une pomme de terre étant en général en égale quantité, quelle que soit la grosseur de la semence, ils pourront disposer d'une plus grande quantité de matières nutritives quand ils naîtront sur un tubercule volumineux; plus vigoureux, mieux nourris, ils prendront un développement beaucoup plus considérable que ceux qui proviennent de petits tubercules. Ces organes aériens, plus étendus, pourvus d'une plus grande surface foliaire, seront à même d'émettre un système souterrain très-développé et d'alimenter abondamment les pommes de terre en voie de formation.

Influence de la migration des principes immédiats des fanes.

Quelquefois aussi le système aérien d'une pomme de terre peut être très-développé, et le produit souterrain insignifiant; il semble que dans ce cas la migration des principes immédiats élaborés dans les fanes ne puisse se faire : elles se flétrissent, se dessèchent, mais restent riches en matières de toute sorte.

Cette faculté de migration des principes élaborés par la plante est héréditaire; elle est très-élevée chez certaines variétés, très-faible chez quelques autres; quelquefois la migration s'accomplit rapidement, souvent elle est plus ou moins lente; en général elle se trouve à un plus haut degré chez les gros tubercules que chez les petits, c'est ce que permet de constater le tableau n° VI.

Dans ce tableau, on a indiqué le poids des fanes des pommes de terre de diverses variétés lors de l'arrachage, qui, pour chaque variété, a été fait le même jour; on remarque que le poids des fanes restantes est constamment plus élevé chez les plants produits par les plus petits tubercules, ce qui semble prouver que la migration des principes immédiats des rameaux aériens aux organes souterrains s'effectuer aussi aisément lorsqu'ils proviennent de petites semences, ou bien que cette migration exige un temps plus considérable pour s'accomplir.

Quand on greffe des pommes de terre, on obtient souvent une énorme quantité de fanes, ainsi qu'on peut le voir dans le tableau suivant; mais elles sont encore vertes quand celles d'autres tubercules appartenant à la même variété sont déjà complétement desséchées. Dans ce cas, la récolte est toujours très-minime.

Ces résultats peuvent encore être présentés de la manière suivante :

Potasse	29,55
Soude	13,10
Chaux	5,60
Acide sulfurique	50,05
Résidu insoluble	1,65
Phosphates, oxyde de fer, etc	0,05
Total	100,00

Si l'on compare les cendres alcalines sulfatées des sucres avec celles des mélasses, on obtient, en rapportant à 100 les sulfates alcalins ci-dessus et ceux des mélasses donnés plus haut :

	Sucres.	Mélasses.
Sulfate de potasse	64,58	76,32
Sulfate de soude	35,42	23,68

Les sels de potasse passeraient donc, dans les mélasses, un peu plus facilement que les sels de soude.

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON.

RECHERCHES SUR LA VÉGÉTATION DE QUELQUES PLANTES OLÉAGINEUSES

PAR

M. MAQUENNE.

Licencié ès sciences, répétiteur de chimie à l'école de Grignon.

Quand on compare la composition immédiate de différentes graines, on est frappé de voir que, suivant l'espèce considérée, les mêmes principes s'y rencontrent mélangés dans des proportions qui varient entre des limites extrêmement étendues : les unes renferment surtout un hydrate de carbone, l'amidon; d'autres contiennent une quantité de matières grasses, et peu ou point d'amidon : ce sont les graines oléagineuses. Sans doute la végétation des plantes oléagineuses et des plantes amylacées s'opère dans des conditions différentes, mais nous les ignorons absolument, et c'est pour essayer de les connaître que nous avons entrepris le travail dont nous allons donner le résumé.

Nous avons voulu voir si, dès leur jeune âge, ces plantes présentent déjà des différences de composition analogues à celles que l'on constate au moment de leur maturation, et, pour y réussir, nous avons suivi la végétation d'une plante oléagineuse depuis son début jusqu'à la maturation complète.

En même temps que nous entreprenions ce travail, au laboratoire de M. Dehérain, il y terminait la composition d'une plante amylacée, l'avoine; nous pouvions donc, les procédés d'analyse étant les mêmes, comparer en toute assurance nos résultats entre eux; c'est seulement cette comparaison qui pouvait jeter quelque lumière sur la question que nous nous étions posée; aussi n'est-ce qu'après un examen attentif des tableaux d'analyse que nous nous sommes arrêtés aux conclusions qu'on va lire.

Le mémoire de MM. Dehérain et Nantier sur le développement de l'avoine a été publié dans le dernier fascicule des *Annales agronomiques;* nous aurons souvent occasion d'y emprunter quelques chiffres pour faciliter l'interprétation de nos résultats.

Nos recherches ont commencé en 1876 par l'étude de la composition immédiate et élémentaire du lin; cette plante nous a paru éminemment favorable à ce genre de travail, parce que, relativement à son volume toujours restreint, elle arrive à former une quantité considérable de matières grasses; les différences que nous cherchions devaient y être plus sensibles, plus faciles à observer que dans tout autre végétal.

En 1877, nous avons cherché à compléter les recherches de l'année précédente en étudiant plus spécialement quelques points restés douteux, et en les étendant à d'autres espèces végétales.

Nous diviserons ce travail en deux parties; dans la première nous indiquerons les résultats fournis par l'analyse immédiate, ainsi que les méthodes employées, et nous consacrerons la seconde à l'étude de la composition élémentaire des plantes oléagineuses.

PREMIÈRE PARTIE.

COMPOSITION IMMÉDIATE DU LIN AUX DIVERS PHASES DE SA VÉGÉTATION.

Le lin qui nous a servi dans ces recherches avait été semé sur une des parcelles des champs d'expériences qui n'avaient pas reçu

d'engrais; on a commencé à prendre les échantillons aussitôt que le développement de la plante permit de le faire; pour cela, on coupait les plants au ras du sol et, après les avoir soigneusement débarrassés de la terre qu'ils avaient pu entraîner, on les desséchait et on les pulvérisait dans un moulin. La poudre ainsi obtenue représentait avec une grande exactitude la composition moyenne de la partie aérienne de la plante.

Nous n'insisterons pas sur les méthodes analytiques employées; elles ont été décrites avec beaucoup de détails par M. Dehérain dans son mémoire sur le développement de l'avoine, et nous ne ferons que les rappeler très-brièvement.

Les matières sucrées, glucose et sucre inversible, ont été dosées par la liqueur de Fehling.

L'amidon a été dosé par la méthode de M. Schlœsing: la matière, purifiée par des traitements successifs à l'alcool alcalinisé, à l'alcool acidulé et à l'oxalate d'ammoniaque, a été soumise à l'action de l'acide sulfurique étendu à 108°; le glucose formé a été dosé par la liqueur cupro-potassique.

Les matières grasses ont été dosées au moyen de l'appareil à épuisement de M. Schlœsing.

Les matières azotées ont été calculées en multipliant par 6,25 le dosage de l'azote.

Enfin, l'extrait obtenu en épuisant nos échantillons par l'eau a été traité d'abord par l'acétate neutre de plomb; nous appellerons tannin la matière organique ainsi précipitée; le liquide, filtré et additionné de sous-acétate de plomb, abandonnait encore une certaine quantité de matières organiques que nous appellerons gommes.

Nous avons essayé de déterminer la nature des matières ainsi précipitées par les sels de plomb, mais nous n'y avons pas complétement réussi; en décomposant ces précipités par l'hydrogène sulfuré, nous avons isolé, dans le cas de l'acétate neutre, outre une petite quantité d'acide phosphorique, une substance incristallisable, astringente et acide, qui colore les sels de fer en brun et détruit instantanément le permanganate de potasse; c'est surtout à cause de ces propriétés que nous l'avons désignée sous le nom de tannin.

Il est probable que nous avions là un mélange fort complexe; cependant nous n'avons pu y trouver aucune trace des acides végétaux les plus connus, notamment d'acide oxalique.

A l'analyse élémentaire, cette substance nous a donné les nombres suivants :

Carbone	39,14
Hydrogène	4,96
Oxygène	54,65
Azote	1,25
	100,00

En décomposant de même le précipité formé par le sous-acétate de plomb, nous avons obtenu une matière incristallisable et neutre au tournesol. Là encore nous devons avoir un mélange de plusieurs principes différents, appartenant sans doute au groupe pectique, mais nous n'avons pu en recueillir une quantité suffisante pour pouvoir l'étudier plus complétement.

§ 1. Analyse des racines du lin.

Notre première analyse de lin date du 21 juin 1876; à cette époque nous pensions à déterminer la composition de la plante entière, y compris les racines; mais, à cause de la difficulté que présentait l'extraction complète de ces organes, si déliés et si fragiles, nous avons bientôt été obligés d'y renoncer. Nous n'avons pu déterminer qu'une seule fois la composition des racines du lin, et, en l'indiquant, nous croyons utile, à titre de comparaison, de la mettre en regard de l'analyse des racines d'avoine donnée par M. Dehérain pour la même époque.

TABLEAU I. — COMPOSITION COMPARÉE DES RACINES DE L'AVOINE ET DU LIN.

MATIÈRES DOSÉES.	RACINES D'AVOINE. au 15 juin.	RACINES DE LIN. au 21 juin.
Glucose	0.18	3.08
Sucre	0.87	0.19
Tannin	1.05	2.84
Gomme	0.95	traces.
Matières grasses	1.30	1.80
Matières azotées	7.43	8.25
Cendres	7.05	5.50
Cellulose et indéterminées	81.17	78.34

Il est à remarquer que les chiffres trouvés pour les deux plantes ne sont pas extrêmement éloignés les uns des autres; sauf une proportion un peu plus considérable de glucose et de tannin, il ne semble pas que les racines du lin présentent une composition très-différente de celles de l'avoine.

En serait-il de même pendant toute la durée de la végétation des deux plantes? nous ne saurions le dire, et rien ne peut nous faire préjuger qu'il en soit ainsi; cependant, il est fort probable que les racines ne jouent qu'un rôle tout à fait secondaire dans les phénomènes de la maturation; en effet, au moment où elle se produit, le poids de la récolte n'augmente plus, souvent même on le voit diminuer; par conséquent la plante cesse de puiser dans le sol les éléments qu'elle y recherchait auparavant, elle ne fait plus que transformer les principes qu'elle a accumulés dans ses tissus, et il est probable que la composition de la racine ne présente que de faibles variations. Il n'y avait donc pas un bien grand intérêt à la connaître, et c'est une des raisons qui nous ont déterminé à abandonner cette partie de notre travail.

§ 2. Composition immédiate des tiges du lin.

A partir du 24 juin 1876, on a prélevé régulièrement, de semaine en semaine, une quantité de pieds suffisante pour l'analyse, et, après avoir préparé les échantillons comme nous l'avons indiqué plus haut, on a déterminé leur composition immédiate.

Les résultats que nous avons trouvés sont réunis au tableau II.

En l'examinant on remarque plusieurs faits intéressants :

Le glucose, après avoir légèrement diminué jusqu'au 30 juin, époque de la floraison, s'élève tout à coup, atteint au maximum le 7 juillet, puis, à mesure que la maturation avance, diminue progressivement.

Il en est de même pour le sucre de canne, et si nous comparons ces nombres à ceux qu'on a trouvés pour l'avoine, on voit qu'ils ne sont pas très-différents les uns des autres : ainsi, le 5 juillet, l'avoine contenait 4 pour 100 de glucose dans ses tiges, le lin en renfermait 4,20.

Au moment de la récolte, on voit dans l'une et l'autre plante le glucose réduit dans une proportion encore à peu près identique; on

en trouvait un peu plus de 1 pour 100 dans l'avoine et 1,47 dans le lin.

TABLEAU II. — COMPOSITION IMMÉDIATE DE LA TIGE ENTIÈRE DU LIN.

MATIÈRES DOSÉES.	21 juin.	24 juin.	30 juin.	7 juillet.	14 juillet.	21 juillet.
Glucose.........	3.24	2.25	2.01	4.20	1.65	1.47
Sucre...........	0.20	0.57	0.48	1.62	1.28	0.67
Tannin..........	9.31	7.20	6.69	6.22	5.88	7.42
Gomme.........	2.84	1.72	2.80	1.66	0.76	0.89
Amidon.........	5.30	»	4.89	6.53	6.05	4.85
Mat. grasses.....	6.50	5.28	5.77	7.07	12.19	13.85
Mat. azotées.....	21.00	19.67	15.27	12.26	8.17	7.96
Cendres.........	10.52	8.94	7.50	5.84	5.46	5.50
Cellulose et indéterminées.....	38.09	54.37	51.47	54.60	58.56	57.39

Le sucre cristallisable est toujours plus abondant dans l'avoine, mais on doit observer que, dans les deux plantes, on ne le rencontre jamais qu'en médiocre proportion, et les différences sont trop faibles pour qu'on puisse en tirer une conclusion quelconque.

Le tannin se rencontre dans le lin en grande quantité, et, si on tient compte des difficultés inhérentes au mode de dosage que nous avons employé, on peut dire qu'il ne diminue pas sensiblement pendant la maturation; ainsi nous en avons trouvé 7,20 pour 100 le 24 juin, un peu avant la floraison, et le 21 juillet, quand les graines, complétement mûres, commençaient à s'échapper de leurs capsules entr'ouvertes, il y en avait encore 7,42 pour 100.

Est-ce bien la même matière que l'acétate de plomb précipitait à ces deux époques? nous ne saurions l'affirmer; tout ce que nous pouvons dire, c'est que les précipités jaunâtres obtenus ne différaient pas sensiblement quant à leur aspect.

Il nous faut donc supposer que le tannin persiste dans la plante sans subir d'altérations essentielles, et comme en réalité il augmente en poids, puisque la récolte s'accroît progressivement, il est permis

de croire que le tannin appartient au groupe de ces produits chlorophyliens qui sont encore si mal déterminés.

Dans les graminées, on rencontre beaucoup moins de ces produits oxydables; le 24 juin, M. Dehérain a trouvé seulement 3,50 pour 100 de tannin dans l'avoine, et, de même que pour le lin, on ne voit pas que cette proportion diminue quand la maturation s'avance: le 19 juillet, il y en avait encore une proportion notable, environ 3 pour 100.

On peut alors admettre que ce principe ne joue qu'un rôle secondaire dans les phénomènes de la maturation; il ne disparaît pas, donc il n'est pas employé par la plante à former sa graine, et jusqu'ici il nous est bien difficile de prévoir l'utilité qu'il peut présenter pendant la végétation. Le seul point que nous puissions affirmer quant à présent, c'est que le tannin est d'ordinaire beaucoup plus abondant dans les plantes oléagineuses et résineuses que dans les plantes amylacées, et ce fait n'est pas particulier au lin, nous l'avons vérifié pour beaucoup d'autres végétaux : au mois de juillet, les noix vertes renfermaient 18 de tannin pour 100 de matière sèche; les aiguilles d'épicéa en contiennent assez pour rougir fortement le tournesol; enfin, on sait qu'en Amérique on tire d'une variété de sapin des extraits aqueux que la tannerie emploie aujourd'hui sur une grande échelle pour renforcer les cuves qui commencent à s'épuiser.

Les matières gommeuses diminuent après avoir présenté un maximum le 30 juin; le 21 juillet elles ont presque complétement disparu, on n'en trouve plus que 0,89 pour 100. Les nombres trouvés pour ces substances ne sont pas très-éloignés de ceux qu'on a donnés pour l'avoine, et par conséquent nous n'avons pas lieu de nous y arrêter plus longtemps.

L'amidon reste toujours assez faible et ne varie pas beaucoup pendant toute la végétation du lin; cependant, il semble avoir présenté un maximum le 6 juillet, en même temps que les matières sucrées, puis il s'abaisse, pendant la période de maturation, d'environ 1 et demi pour 100.

Si on se reporte aux analyses d'avoine données par M. Dehérain, on constate immédiatement que les dosages d'amidon dans cette dernière plante diffèrent totalement des nombres que nous avons trouvés pour le lin.

Bien avant sa maturation, l'avoine commence à élaborer de l'ami-

don, et il nous faut remonter jusqu'à la première semaine de juin pour trouver un dosage comparable à ceux du lin.

Le contraire s'observe pour les matières solubles dans l'éther ; sensiblement égales pour l'avoine et le lin pendant la première période de leur évolution, elles restent stationnaires, ou même diminuent légèrement dans l'avoine, tandis que dans le lin elles augmentent tout à coup avec une extrême rapidité et atteignent leur maximum le 21 juillet, au moment de la récolte. Il a suffi de dix jours pour apporter entre les deux plantes une différence de richesse de 8 pour 100; la formation de ces substances est donc beaucoup plus rapide que celle de l'amidon dans les graminées; c'est le seul point intéressant qui résulte de la comparaison de ces chiffres.

Les matières azotées diminuent toujours, lentement d'abord, puis très-rapidement à l'époque de la maturation. De 12 pour 100 qu'elle était le 7 juillet, la proportion d'albuminoïde tombe à 8 le 14; à quoi peut tenir cette diminution? On conçoit bien que, lorsque la plante s'accroît, elle forme plus de principes hydrocarbonés que de matières azotées, et que, par suite, la proportion de ces dernières diminue dans l'analyse centésimale; mais il n'en est plus de même au moment de la maturation, où la plante, jaune, flétrie, n'assimile plus et ne fait plus que transformer les principes qu'elle a élaborés antérieurement. La diminution des matières azotées à cette époque est-elle encore relative? on ne le voit plus aussi bien.

Un seul moyen pourrait nous permettre de nous prononcer sur ce point; il faudrait savoir la quantité de matière végétale qui, à chaque instant, couvre une surface donnée du sol, et, connaissant sa composition centésimale, il serait facile de calculer le poids de matières azotées qu'elle contient. Malheureusement, cette donnée nous manque : toutes les personnes qui se sont occupées de ces questions savent combien il est difficile d'obtenir une végétation assez uniforme pour être certain que, à un même instant, la récolte est proportionnelle à la surface cultivée. C'est une difficulté que nous n'avons pu vaincre en 1876 : l'été avait été sec, les graines n'avaient pas levé très-régulièrement, et, bien que nous ayons recueilli quelques nombres relatifs aux récoltes probables sur une surface de un mètre carré, nous ne croyons pas devoir leur accorder assez de confiance pour les publier.

Les cendres diminuent au commencement de la végétation, mais

cette diminution est seulement apparente; la plante se développe alors rapidement, forme de nouveaux organes, et les matières minérales, disséminées dans une plus grande masse de tissus, sont de moins en moins abondantes dans le même poids de substance végétale. A partir du 7 juillet, c'est-à-dire après que la plante a acquis son développement maximum, on les voit rester sensiblement stationnaires.

En résumé, la comparaison des analyses brutes de l'avoine et du lin nous a appris déjà plusieurs faits importants : tout à fait au début de leur existence, ces deux plantes présentent une composition presque identique, et peut-être en serait-il de même pour d'autres plantes herbacées; à cette époque, en effet, le même besoin se fait sentir pour chacune d'elles : elles s'accroissent, forment de nouveaux organes essentiellement constitués par de la cellulose, et on conçoit que la formation de ce principe soit indépendante de l'espèce considérée.

Ainsi, la vie commence à se manifester dans l'avoine et dans le lin par une suite de phénomènes semblables; et ce n'est que plus tard, lorsque la plante est devenue assez vigoureuse pour vivre, pour ainsi dire, de sa vie propre, qu'elle modifie sa composition en la rapprochant peu à peu de celle qu'elle devra présenter à l'époque de la maturation.

Rapides dans le cas des plantes oléagineuses, ces modifications ne se produisent que lentement chez les graminées : ainsi le lin a mis seulement 15 jours à former toute la matière grasse qui lui était nécessaire pour constituer sa graisse, tandis que l'avoine a employé près de deux mois à produire l'amidon qu'elle devait plus tard emmagasiner dans ses graines; il semble que l'élaboration de ce principe soit plus longue, plus laborieuse que celle des matières grasses.

Enfin on rencontre dans les plantes oléagineuses une grande quantité de ces matières mal définies que nous avons appelées tannin et qui sont surtout caractérisées par leur facile oxydabilité. Tous les autres principes, matières azotées, gommes et matières sucrées, se trouvent habituellement, dans les plantes oléagineuses et les graminées, en proportion à peu près égale.

§ 3. De la migration du principe immédiat dans le lin.

Il ne nous a pas paru suffisant de connaître les différences de composition que présentaient à la même époque les tiges entières

de l'avoine et du lin; nous avons voulu voir si les mêmes principes immédiats étaient également répartis dans ces tiges, et, pour cela, nous avons, aussitôt après la floraison, analysé séparément le bas et le haut de la tige du lin, en y comprenant les graines.

On pesait exactement ces deux parties, et, par le calcul, sans avoir besoin d'une troisième analyse, on arrivait facilement à connaître la composition de la plante entière. C'est ainsi que, à partir du 24 juin, ont été trouvés tous les nombres que nous avons donnés plus haut.

Dans le tableau suivant nous indiquons, outre la composition centésimale de la matière sèche, la proportion d'humidité que contenaient les échantillons avant d'être desséchés, afin qu'on puisse suivre la répartition de l'eau dans les deux parties de la plante aux différentes périodes de sa végétation.

TABLEAU III. — COMPOSITION IMMÉDIATE DU HAUT ET DU BAS DE LA TIGE DU LIN.

MATIÈRES DOSÉES.	24 JUIN.		30 JUIN.		7 JUILLET.		14 JUILLET.		21 JUILLET.	
	Haut.	Bas.	Haut.	Bas.	Haut.	Bas.	Haut.	Bas.	Haut.	Bas.
Humidité pour 100 de mat. humide..	»	»	77.2	72.6	68.7	59.1	50.4	43.6	20.8	32.1
Glucose...........	3 17	1.60	2.70	1.75	5.46	3.12	2.18	1.14	1.59	1.35
Sucre.............	0.53	0.60	0.84	0.33	2.14	1.18	1.49	1.10	0.48	0.86
Tannin............	8.10	6.60	8.01	6.12	6.39	6.07	5.27	6.46	9.07	5.76
Gomme.	2.50	1.18	3.87	2.34	traces.	3.09	0.00	1.47	0.00	1.78
Amidon...........	6.00	»	4.40	5.10	6.80	6.30	5.80	6.30	4.10	5.60
Mat. grasses.......	7.17	4.00	6.60	5.40	9.70	4.80	21.00	3.00	23.80	3.90
Mat. azotées.......	28.25	13.81	22.38	12.19	15.81	9.19	11.00	5.50	13.62	2.31
Cendres...........	8.40	9.30	7.80	7.50	5.20	6.40	5.20	5.70	5.40	5.60
Cellulose et indéterminées.........	35,88	»	43.40	59.27	48.50	59.85	48.06	68.48	41.94	72.84
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

A mesure que la plante avance en âge, elle se dessèche, mais inégalement dans ses différentes parties. Jusqu'au 14 juillet, le haut de la tige est plus humide que le bas; à cette époque, la maturation était déjà presque achevée; puis, le 21 juillet, c'est l'inverse qui

se présente : le haut de la tige est plus sec que le bas, mais alors les capsules commençaient à s'ouvrir et à laisser tomber leurs graines.

Au point de vue de l'humidité, la maturation du lin se produit dans des conditions contraires à celles qui ont été constatées pour l'avoine; en effet, toujours, dans cette dernière plante, les épis sont plus secs que le reste de la tige. On peut remarquer aussi que le lin contient toujours moins d'eau que l'avoine dans la partie inférieure de sa tige, et en général davantage dans son sommet : la distribution de l'eau dans ces deux plantes est donc absolument différente.

Le glucose et le sucre se rencontrent tous deux en plus grande quantité dans le haut de la tige, et, après quelques oscillations, ils présentent un maximum le 7 juillet; ensuite ils diminuent régulièrement, mais sans disparaître complétement : ainsi, le 21 juillet, le haut et le bas de la plante renferment encore environ 2 pour 100 de matières sucrées.

Le tannin est, en général, un peu plus abondant dans le haut que dans le bas; cependant, la différence n'est pas ordinairement très-grande; elle est maximum le 21 juillet, mais, à cette époque, la maturation était achevée depuis déjà quelques jours; il ne faut donc pas lui attribuer une trop grande importance. En général, on peut dire que le tannin est resté invariable dans toutes les parties de la plante; le 24 juin, on en trouvait 6,60 pour 100 dans le bas de la tige; le 21 juillet, on en trouve encore 5,76; il n'a donc pas sensiblement changé, et il ne paraît pas susceptible de se transporter d'un point à l'autre de la plante, comme nous le verrons plus tard pour les matières azotées.

Les gommes sont d'abord plus abondantes dans le haut de la tige, puis tout à coup elles disparaissent, comme si elles étaient employées par la plante à former l'un des principes constituants de la graine. Ce fait n'est pas particulier au lin : MM. Dehérain et Nantier l'ont également observé sur l'avoine.

Dans le bas des tiges, la proportion des gommes s'élève jusqu'au 7 juillet, puis diminue sans disparaître; il est probable que ces matières s'acheminent vers la graine, où elles sont immédiatement utilisées.

L'amidon semble être toujours également réparti dans les différentes parties de la plante; ce n'est que le 21 juillet qu'il semble avoir légèrement diminué dans le haut de la tige, mais certainement

cette diminution est restée étrangère à la maturation du lin, et la présence de ce principe est sans intérêt pour la question qui nous occupe. D'ailleurs il est probable que la méthode d'analyse employée, exacte lorsque l'amidon est abondant, nous a fourni des résultats un peu trop forts dans le cas du lin, particulièrement riche en tannin et en matières pectiques, que les procédés de purification n'entraînent jamais complétement. Nous ajoutons cette observation, parce que, en examinant la matière analysée au microscope, nous n'avons pu y découvrir que de rares granules d'amidon, qui ne paraissaient pas être aussi abondants que l'analyse nous l'avait montré.

La matière grasse se rencontre toujours en plus forte proportion dans le haut de la tige; la différence est faible jusqu'au 7 juillet, puis la maturation commence et les nombres présentent un écart considérable.

Dans le bas, les matières grasses ne changent pas; de 4 qu'elle était au début, la proportion centésimale reste à 3,90 après la maturation; ainsi on peut admettre que ces matières ne sont pas capables d'émigrer : toujours insolubles dans les sucs végétaux, elles ne peuvent être entraînées par eux, et elles sont condamnées à rester ou à être détruites à la place même où elles ont été formées.

Les matières albuminoïdes ont une tendance très-marquée à toujours se réunir au haut de la tige; déjà le 24 juin la différence entre les deux parties de la plante est considérable, mais le bas est encore assez riche. A mesure que la plante avance en âge, les organes inférieurs se dépouillent de leurs matières azotées, tellement qu'au 21 juillet, ils n'en contiennent plus que deux centièmes de leurs poids.

Nous avons donc là une nouvelle vérification de ce fait établi d'abord par MM. Is. Pierre et Corenwinder, et vérifié depuis un si grand nombre de fois, à savoir que les matières azotées cheminent constamment dans la plante et finissent par se réunir presque en totalité dans la graine.

Le lin se conduit, à ce point de vue, comme toutes les autres plantes, et on conçoit facilement qu'il en soit ainsi : toutes les graines renferment, à l'état insoluble, une grande quantité de matières albuminoïdes; il faudra donc, d'après l'ingénieuse interprétation de M. Dehérain, que toutes les parties de la plante contribuent à leur fournir celles qui désormais leur sont inutiles; on doit voir là un phénomène absolument général, et, quelle que soit l'espèce végétale étudiée, on devra toujours l'observer avec la même précision.

Les cendres sont à peu près également réparties dans toute la plante; cependant le bas semble en contenir souvent un peu plus que le haut; cela tient sans doute à ce que dans la tige et les feuilles se trouve une quantité de substances minérales, carbonate de chaux, silice, etc., qui ont été déposées dans ces organes par l'évaporation de l'eau qui les contenait, et qui, dès lors, s'y sont invariablement fixées.

Il ne faudrait pas conclure de cette égalité apparente de richesse en cendres des deux parties de la tige, que ce sont les mêmes matières minérales qu'on y rencontre : nous n'avons pas déterminé leur composition, mais il est fort probable que, si nous l'eussions fait, nous aurions trouvé, comme M. Is. Pierre, que le haut de la tige renferme surtout des phosphates et des sels alcalins, tandis que le bas contient seulement des matières rendues insolubles par la simple dessiccation, comme la silice hydratée et le carbonate de chaux.

En résumé, nous voyons que, dans le lin, on peut classer les différents principes que nous avons dosés en deux groupes principaux : les matières qui émigrent et celles qui n'émigrent pas. Parmi les premières nous trouvons :

Les matières sucrées, la gomme, les matières azotées.

Et parmi les secondes nous pourrons mettre :

Le tannin, l'amidon et les matières grasses.

Les mêmes conclusions découlent des analyses de l'avoine; seulement, dans cette dernière plante, l'amidon est incessamment dissous et reformé un peu plus loin, ce qui semble à première vue constituer une véritable migration; mais il est facile de voir qu'il n'en est pas ainsi, car il serait impossible de comprendre comment une matière insoluble et figurée comme l'amidon arrive à se transporter sans prendre l'état soluble qui vraisemblablement est celui de glucose.

Par conséquent, on peut dire que, dans l'avoine et dans le lin, la migration s'opère sur les mêmes principes immédiats.

DEUXIÈME PARTIE.

COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE QUELQUES PLANTES OLÉAGINEUSES.

L'analyse immédiate nous a montré que, avant qu'il ait formé sa graine, le lin présente une composition peu différente de celle de la

jeune avoine; c'est seulement au commencement de la maturation que les différences s'accentuent : d'un côté on voit apparaître une quantité de matières grasses, de l'autre une masse d'amidon. Or on sait que ces deux substances ont une composition extrêmement différente : les unes sont chargées de carbone et pauvres en oxygène, tandis que l'amidon est l'un des principes les plus oxydés que l'on rencontre chez les végétaux.

Faut-il admettre que les plantes oléagineuses perdent de l'oxygène au moment de la maturation? Sous quelle forme, alors, cet oxygène quitterait-il la plante? C'est pour répondre à cette question que nous avons déterminé la composition élémentaire de tous nos échantillons de lin.

Nous avons dosé le carbone et l'hydrogène par l'excellente méthode de M. Cloëz, que nous sommes heureux de pouvoir remercier ici de l'obligeance avec laquelle il a bien voulu nous montrer lui-même la pratique de l'analyse.

Nous avons eu le soin, afin d'empêcher une partie du carbone de rester en combinaison dans les cendres à l'état de carbonates, de mélanger la matière avec une petite quantité d'acide tungstique préalablement calciné.

Les dosages ont ordinairement porté sur 0 gr. 500 de la poudre provenant du broyage des échantillons; on la pesait au sortir de l'étuve, et même encore chaude; sans cette précaution, nous aurions pu trouver une quantité d'hydrogène trop forte, provenant de l'humidité de ces matières, qui sont, comme on sait, éminemment hygroscopiques; pour plus de sûreté encore, tous les dosages ont été répétés deux fois, et quelquefois même une troisième, lorsque les deux premières analyses n'étaient pas suffisamment concordantes.

Enfin nous avons déterminé la composition élémentaire des échantillons d'avoine que M. Dehérain étudiait en même temps; nous mettons dans les tableaux suivants les deux analyses en regard, pour faciliter la comparaison des chiffres.

Nous indiquerons d'abord la composition des racines des deux plantes pour le mois de juin 1876.

TABLEAU IV. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE COMPARÉE DES RACINES DE L'AVOINE ET DU LIN.

	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	MATIÈRES minérales.
Racines de l'avoine au 15 juin 1876.......	42.85	6.22	42.69	1.19	7.05
Racines du lin au 21 juin 1876.........	43.83	6.09	43.26	1.32	5.50

On voit que les racines de l'avoine et du lin présentaient à cette époque une composition presque identique; les petites différences que l'on remarque entre les dosages du carbone et de l'hydrogène tiennent surtout à ce que les cendres se rencontrent dans les deux plantes en proportion différente, car, si on fait abstraction de ces dernières, on trouve, pour la matière organique constituant les racines, la composition suivante :

TABLEAU V. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DES RACINES DE L'AVOINE ET DU LIN.

	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.
Racines de l'avoine au 15 juin 1876.............	46.1	6.7	45.9	1.3
Racines du lin au 21 juin 1876.................	46.4	6.4	45.8	1.4

L'accord est presque parfait; il n'y avait donc pas beaucoup d'intérêt à continuer les recherches sur les racines, et c'est là surtout la raison qui nous a conduit à nous occuper seulement des tiges.

§ 1. Analyse élémentaire des tiges entières du lin.

A l'examen de ce tableau, nous voyons de suite que l'avoine et le lin se modifient profondément à mesure qu'ils approchent de la ma-

turité, mais de façon différente : l'avoine s'enrichit continuellement en oxygène : de 33, la proportion de cet élément s'élève à 42 après deux mois. L'hydrogène n'a pas sensiblement varié et le carbone a peut-être légèrement diminué.

TABLEAU VI. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE COMPARÉE DES TIGES DE L'AVOINE ET DU LIN.

	LIN. — 21 juin.	AVOINE. — 15 mai.	LIN. — 7 juillet.	AVOINE. — 15 juin.	LIN. — 21 juillet.	AVOINE. — 15 juillet
Carbone	43.11	44.44	46.76	43.90	47.72	43.75
Hydrogène	6.48	6.33	6.67	6.42	6.73	6.35
Oxygène	36.05	33.03	38.82	38.82	38.78	42.05
Azote	3.84	4.94	1.90	2.26	1.27	1.34
Cendres	10.52	11.26	5.85	8.60	5.50	6.51
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Dans le lin, nous voyons l'inverse se produire relativement au carbone : de 43 pour 100, cet élément monte à 47,72 à l'époque de la maturation. L'hydrogène et l'oxygène ont peut-être aussi un peu augmenté.

Nous avons là, déjà, un premier renseignement ; mais on peut rendre les résultats de ces analyses beaucoup plus concluants en les présentant sous une autre forme ; ce qu'il nous importe surtout de connaître, ce sont les changements qui surviennent dans la composition des matières organiques non azotées des deux plantes : dans un cas, la matière grasse est très-abondante et, par suite, l'oxygène doit s'abaisser ; dans l'autre, l'élément qui domine est un principe très-oxygéné, l'amidon, et par suite l'oxygène doit s'élever.

Nous pourrions avec cette connaissance, avoir la solution de cette question si intéressante :

L'oxygène quitte-t-il la plante au moment où elle forme ses matières grasses ?

Or le calcul est facile à faire ; nous connaissons, d'après MM. Dumas et Cahours, la composition moyenne des matières azotées ; nous pourrons donc déduire de chacun des éléments ce qui appartient à ces substances ; en retranchant de leur somme la proportion

de matières minérales trouvée, nous aurons le poids de la matière organique non azotée existant dans 100 de matière brute, et, puisque nous connaissons la quantité de carbone, d'hydrogène et d'oxygène qui y est contenue, nous pourrons calculer sa composition centésimale.

On arrive ainsi aux résultats suivants :

TABLEAU VII. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE LA MATIÈRE VÉGETALE NON AZOTÉE DE L'AVOINE ET DU LIN.

	LIN. — 21 juin.	AVOINE. — 15 mai.	LIN. — 11 juillet.	AVOINE. — 15 juin.	LIN. — 21 juillet.	AVOINE. — 15 juillet.
Carbone.........	45.9	48.5	48.9	46.8	50.1	46.0
Hydrogène......	7.2	6.8	7.0	7.0	7.1	6.7
Oxygène.........	46.9	44.7	44.1	46.2	42.8	47.3
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

On voit alors nettement que, dans les deux plantes, le carbone et l'oxygène varient dans des directions absolument opposées. Dans le lin, le carbone passe de 46 à 50 dans l'espace d'un mois; pendant le même temps, l'oxygène tombe de 47 à 43 pour 100. L'hydrogène ne change pas.

Dans l'avoine, il semble se produire une combustion beaucoup plus active; le carbone disparaît en partie; en deux mois, on le voit diminuer de plus de 2 pour 100. L'oxygène monte régulièrement; du 15 mai au 15 juillet, il s'est accru de 2 et demi pour 100. L'hydrogène n'a pas varié; cependant il faut remarquer que, en général, l'avoine en contient toujours un peu moins que le lin.

Nous savons donc maintenant que, pendant la maturation du lin, le carbone augmente et l'oxygène diminue, contrairement à ce qui arrive dans le cas d'une plante amylacée; mais nous restons encore en présence de cette difficulté, que l'on voit surgir à chaque pas dans toutes les recherches de cet ordre : les variations indiquées par l'analyse centésimale sont-elles absolues ou seulement relatives? Est-ce parce que les autres éléments augmentent plus rapidement que lui que nous voyons l'oxygène diminuer?

Cette question est d'une telle importance dans l'histoire de la ma-

turation des plantes oléagineuses, que nous n'avons pas hésité à la reprendre en 1877.

§ 2. Composition élémentaire des récoltes de lin, de moutarde et de pavot (1877).

Nous avons déjà fait remarquer que, en 1876, nous n'étions pas parvenu à obtenir des cultures de lin très-régulières. Nous y sommes arrivé cette année, et, à titre de contrôle, nous avons poursuivi nos recherches sur deux autres plantes oléagineuses, le pavot et la moutarde blanche.

Ces trois plantes ont été cultivées chacune sur une surface d'un are; le printemps ayant été très-humide, les levées ont été régulières, et enfin, lorsque le développement des plantes a permis de le faire, les planches ont été sarclées et éclaircies avec le plus grand soin.

Chaque fois que l'on voulait prendre un échantillon, on coupait à la faucille une surface de 4 mètres carrés choisie dans la partie du champ qui semblait être la plus homogène. La récolte était immédiatement pesée, puis transportée au laboratoire, où on la desséchait à la température de 100°. Enfin, la matière sèche était pesée et pulvérisée.

Nous n'avons pas cru nécessaire de reprendre cette fois les analyses immédiates de l'année précédente; nous nous sommes contenté de déterminer les matières grasses, les albuminoïdes et les cendres : ces données étaient indispensables pour se rendre un compte exact de l'avancement de la végétation; puis nous avons soumis nos échantillons à l'analyse élémentaire, et, comme précédemment, tous les dosages ont été effectués deux fois.

Nous donnerons d'abord le poids des récoltes et les principaux résultats de l'analyse immédiate.

Le poids de la récolte a été constamment en augmentant, ainsi que les matières azotées, les matières grasses et les cendres. Seule la série des analyses de moutarde présente une anomalie regrettable; le 6 juin, on a trouvé plus de matières azotées et de matières minérales qu'on n'en a rencontré plus tard, et cependant, du 23 juin au 7 juillet, les principes immédiats continuent à s'accroître. Il est probable qu'à ce moment, malgré toutes nos précautions, nous sommes tombé sur un endroit du champ où la végétation était plus vigou-

reuse, ou les plants plus serrés; tous les nombres trouvés le 6 juin, à l'exception de ceux qui représentent l'analyse centésimale, doivent être trop forts, et par suite nous ne devrons leur accorder qu'une médiocre confiance.

TABLEAU VIII. — COMPOSITION DU LIN, DU PAVOT ET DE LA MOUTARDE EN 1877.

MATIÈRES DOSÉES.	MOUTARDE BLANCHE.				PAVOT.			LIN.		
	16 mai.	6 juin.	23 juin.	7 juillet.	15 juin.	25 juin.	14 juillet.	16 juin.	26 juin.	20 juillet.
	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.
Récolte normale sur 4 m. carrés......	9.870	18.00	14.00	12.00	5.315	8.610	6.000	2.777	3.548	2.315
Récolte sèche......	0.908	2.538	3.066	3.792	0.664	1.524	1.650	0.389	1.245	1.500
Humidité pour 100.	90.8	85.9	78.1	68.4	87.5	82.3	72.5	86.0	64.9	35.2
COMPOSITION CENTÉSIMALE DE LA MATIÈRE SÈCHE.										
Mat. azotées.......	24.37	16.06	10.56	11.25	18.13	14.44	13.75	13.25	9.87	9.06
Mat. grasses.......	5.50	4.20	3.65	9.60	5.45	5.90	11.75	4.40	5.25	12.30
Mat. minérales.....	22.65	11.35	7.75	6.80	10.45	10.30	10.65	7.90	5.35	4.70
POIDS DES PRINCIPES ÉLABORÉS SUR UNE SURFACE DE 4 MÈTRES CARRÉS.										
Mat. azotées.......	0.221	0.406	0.324	0.427	0.120	0.220	0.227	0.052	0.123	0.136
Mat. grasses.......	0.050	0.107	0.112	0.364	0.036	0.089	0.194	0.017	0.065	0.184
Mat. minérales.....	0.206	0.288	0.237	0.258	0.069	0.157	0.175	0.031	0.067	0.070

Comme dernier renseignement, nous ajouterons que la moutarde a commencé à fleurir dans la première semaine de juin, le pavot vers le 15 et le lin vers le 20 du même mois. La dernière analyse de ces trois plantes a été faite lorsqu'elles sont arrivées à maturité complète.

L'analyse élémentaire a été exécutée par la même méthode qu'en 1876; nous donnerons, en même temps que la composition centésimale des plantes entières, les résultats fournis par le calcul relativement à la matière organique non azotée.

Ce tableau nous montre les mêmes faits que nous avions déjà constatés en 1876 : dans les trois plantes étudiées, on voit le carbone s'élever et l'oxygène s'abaisser, d'autant plus rapidement qu'on est plus près de la maturation.

TALBEAU IX. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DES TIGES DE QUELQUES PLANTES.

	MOUTARDE BLANCHE.				PAVOT.			LIN.		
	16 mai.	6 juin.	23 juin.	7 juillet.	15 juin.	25 juin.	14 juillet.	16 juin.	26 juin.	20 juillet.
Carbone	37.13	42.87	43.88	46.36	42.39	41.89	44.78	44.79	46.09	48.68
Hydrogène	5.12	5 72	6.00	6.52	5.67	6.10	6.60	6.19	6.45	6.67
Oxygène	31.20	37.49	40.68	38.52	38.59	39.40	35.77	39.00	40.53	38.50
Azote	3.90	2.57	1.69	1.80	2.90	2.31	2.20	2.12	1.58	1.45
Cendres	22.65	11.35	7.75	6.80	10.45	10.30	10.65	7.90	5.35	4.70
COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE CALCULÉE DE LA PARTIE ORGANIQUE NON AZOTÉE DES MÊMES TIGES.										
Carbone	44.8	46.8	46.5	49.0	45.6	45.1	49.2	47.6	48.0	50.7
Hydrogène	6.3	6.3	6.5	6.9	6.0	6.7	7.4	6.6	6.7	6.9
Oxygène	48.9	46.9	47.0	44.1	48.4	48.2	43.4	45.8	45.3	42.4

On voit encore, ce que nous n'avons pu montrer en 1876, l'hydrogène monter légèrement à la fin de la végétation.

On peut donc admettre, sans crainte de se tromper, que les faits d'abord constatés pour le lin se vérifient pour les autres plantes oléagineuses, et nous savons de plus, cette année, la quantité de matière végétale qui recouvre, à chaque moment, une surface donnée du sol : nous avons donc tous les éléments nécessaires pour calculer le poids des principes que la récolte renferme à des âges différents.

En effectuant ce calcul, on arrive aux résultats suivants :

TABLEAU X. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DES PLANTES RÉCOLTÉES SUR 4 MÈTRES CARRÉS.

	MOUTARDE BLANCHE.				PAVOT.			LIN.		
	16 mai.	6 juin.	23 juin.	7 juillet.	15 juin.	25 juin.	14 juillet.	16 juin.	26 juin.	20 juillet.
	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.
Carbone	0.337	1.088	1.345	1.758	0.282	0.639	0.739	0.174	0.574	0.730
Hydrogène	0.046	0.145	0.184	0.247	0.038	0.093	0.109	0.024	0.080	0.100
Oxygène	0.283	0.952	1.247	1.461	0.256	0.600	0.590	0.152	0.505	0.578
Azote	0.036	0.065	0.052	0.068	0.019	0.035	0.036	0.008	0.019	0.022
Mat. minérales	0.206	0.288	0.238	0.258	0.069	0.157	0.176	0.031	0.067	0.070
Récolte totale	0.908	2.538	3.066	3.792	0.664	1.524	1.650	0.389	1.245	1.500

Sous cette forme, on voit que tous les éléments augmentent en même temps que la récolte; l'oxygène même, que l'analyse centésimale nous montrait décroissant toujours, s'accroît en valeur absolue. Dans le pavot, il semble avoir cependant subi une légère diminution; mais cette perte de 10 grammes, peu importante d'ailleurs, s'explique très-bien par la chute des feuilles mortes et des fleurs, qui sont riches en cellulose, et par suite en oxygène.

Ainsi, nous croyons avoir établi que, pendant la maturation des plantes oléagineuses, l'oxygène ne disparaît pas, comme on aurait pu le supposer *à priori :* il reste à peu près stationnaire vers la fin de la végétation, et les grandes différences que l'on constate entre la composition centésimale des plantes à cette époque et celle qu'elles présentaient quelque temps auparavant, doivent être attribuées surtout à ce que le carbone et l'hydrogène continuent à monter rapidement, tandis que l'oxygène ne subit plus de variations sensibles.

A l'appui de ces faits, nous pouvons citer quelques expériences qui, entreprises dans un but différent des nôtres, ont cependant conduit aux mêmes résultats.

Dans son travail sur la culture du tabac (1), M. Boussingault donne quelques analyses élémentaires de cette plante, et, sans avoir été jusqu'à la complète maturation, il trouve que la matière organique contenue dans le tabac, le 6 juillet, renferme 36,91 pour 100 de carbone et 53,71 d'oxygène. Le 10 septembre, ces proportions ont complétement changé : le carbone a monté à 40 et l'oxygène s'est abaissé à 51 pour 100. Ces deux éléments ont donc varié, pendant les deux mois qu'a duré cette étude, dans le même sens que cette année nous avons pu le voir sur le lin, le pavot et la moutarde.

Nous insistons sur ce point, parce qu'il nous semble le phénomène le plus caractéristique qui accompagne toujours la maturation des plantes oléagineuses, et, en terminant cette partie de notre travail, nous allons encore une fois le résumer en quelques mots seulement.

La formation des matières grasses dans les végétaux est toujours accompagnée d'un abaissement dans la proportion d'oxygène que contient la plante.

Cet abaissement n'est pas ordinairement causé par une perte réelle d'oxygène; il est dû à ce que ce dernier élément s'accroît, pendant la maturation, beaucoup moins rapidement que ne le font alors le carbone et l'hydrogène.

(1) *Chimie agricole*, t. IV

§ 3. Composition élémentaire du haut et du bas des tiges de lin mûr.

Afin d'avoir une idée plus exacte des modifications que viennent apporter les matières grasses à la composition élémentaire du lin, nous avons analysé séparément le haut et le bas de la tige au moment où la maturation achevait de s'acccomplir. Nous avons fait deux déterminations sur les échantillons du 14 et du 21 juillet 1876.

TABLEAU XI. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DU HAUT ET DU BAS DES TIGES DE LIN.

MATIÈRES DOSÉES.	14 JUILLET.		21 JUILLET.	
	HAUT.	BAS.	HAUT.	BAS.
Carbone	47.06	41.86	50.53	44.91
Hydrogène	7 20	6.13	7.32	6.14
Oxygène	38.78	45.43	34.57	42.98
Azote	1.76	0.88	2.18	0.37
Cendres	5.20	5.70	5.40	5.60

Ce tableau nous montre, sous une autre forme, ce fait, que l'analyse immédiate nous avait déjà montré, que les matières azotées sont presque entièrement réunies dans le haut des tiges à l'époque de la maturation; mais, précisément à cause de la différence énorme que présentent alors les deux parties de la tige relativement à ces substances, il ne nous enseigne rien de précis sur les variations qui surviennent dans les dosages des autres éléments.

Nous arriverons à des résultats plus facilement comparables en cherchant, comme nous l'avons déjà fait si souvent, la composition de la partie organique non azotée de la plante.

A la fin de la végétation, il semble que toute la plante subit une réduction énergique : nous voyons l'oxygène diminuer partout et le carbone augmenter toujours; mais ces phénomènes sont bien plus accentués dans le haut de la tige qu'ils ne le sont dans le bas. Lorsque la plante est arrivée au terme de son existence, elle renferme, dans le haut de la tige, près de 6 pour 100 de carbone de plus que dans le bas, et environ 7 pour 100 d'oxygène en moins. L'hydrogène aussi est plus abondant dans le haut, d'environ un et demi pour 100.

TABLEAU XII. — COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE LA PARTIE ORGANIQUE NON AZOTÉE DU HAUT ET DU BAS DES TIGES DE LIN.

MATIÈRES DOSÉES.	14 JUILLET.		21 JUILLET.	
	HAUT.	BAS.	HAUT.	BAS.
Carbone	48.9	43.8	53.1	47.4
Hydrogène	7.6	6.4	7.8	6.4
Oxygène	43.5	49.8	39.1	46.2

Il est donc clair que l'apparition des matières grasses dans les végétaux modifie profondément la composition élémentaire des organes qui les renferment, mais ces modifications sont-elles dues seulement à ces substances? Ne rencontrerait-on pas, par exemple, à côté des matières grasses, un principe moins carboné et contenant l'oxygène qui manque à celles-ci? On peut s'en faire une idée en calculant la composition de la matière organique qui accompagne dans la plante les graisses et les albuminoïdes.

Admettons que ces dernières présentent encore, dans les graines mûres, la composition indiquée par MM. Dumas et Cahours; supposons de plus, ce qui est très-vraisemblable, que les matières grasses du lin soient exclusivement formées de trioléine; nous trouvons que les 23,8 pour 100 de matières grasses contenues dans le haut des tiges le 21 juillet peuvent se décomposer en

Carbone..	18,42
Hydrogène......................................	2,81
Oxygène..	2,57

On trouve de même que les matières azotées sont formées de

Carbone..	7,55
Hydrogène......................................	0,98
Oxygène..	2,91
Azote..	2,18

Or la quantité de matières organiques inconnues peut s'obtenir en retranchant de 100 la proportion trouvée de matières azotées, de matières grasses et de cendres. En nous reportant à l'analyse immé-

diate que nous avons donnée au commencement de ce travail, nous voyons que les quantités centisémales de ces trois substances sont respectivement : 13,6, 23,8 et 5,4; le complément de la somme de ces trois nombres représente le poids cherché, 57,2, et nous savons maintenant qu'on peut le décomposer en

Carbone	50,53 — (18,42 + 7,55) = 24,56
Hydrogène	7,32 — (2,81 + 0,98) = 3,53
Oxygène	34,57 — (2,57 + 2,91) = 29,09

La composition centésimale s'obtiendra par une simple proportion. On trouve ainsi que les matières organiques qui accompagnent, dans le haut des tiges, les matières grasses et les albuminoïdes, contiennent pour 100 parties.

Carbone	42,9
Hydrogène	6,2
Oxygène	50,9

Si on compare ces nombres à ceux qu'aurait fournis l'analyse élémentaire de la cellulose ou d'un sucre, on voit que la substance dont il s'agit est, par sa composition, intermédiaire entre celles-ci, tout en se rapprochant bien plus de la cellulose que des sucres. Nous allons rappeler, pour faciliter la comparaison, l'analyse élémentaire de la cellulose et du glucose.

	Cellulose.	Glucose.
Carbone	44,4	40,0
Hydrogène	6,2	6,6
Oxygène	49,4	53,4

Ainsi, il semble que la matière qui, avec l'huile et les matières azotées, constitue la totalité du sommet des tiges, soit surtout formée de cellulose, accompagnée peut-être d'une petite quantité de matières sucrées. Or, c'est précisément ce que nous avait indiqué d'abord l'analyse immédiate, et l'utilité de ce calcul a été de nous montrer que, parmi les matières groupées, dans les tableaux d'analyse, sous le nom de cellulose et indéterminées, c'est surtout la cellulose qui domine.

En outre, l'hypothèse de la formation d'un principe très-oxygéné, à laquelle on était conduit, pour ainsi dire, naturellement pour expliquer la non-disparition de l'oxygène pendant la maturation du lin, doit être absolument rejetée.

En répétant la même série de calculs sur le bas des tiges, on arrive

à des résultats un peu moins nets : ainsi on trouve que les matières indéterminées contiennent, pour 100 parties :

Carbone	46,0
Hydrogène	6,2
Oxygène	47,8

Elles sont moins oxygénées que la cellulose; cependant, si on remarque que la différence est seulement de 1,6 pour 100, et si on tient compte des erreurs possibles commises dans les dosages et multipliées plus tard dans tous les calculs, on peut encore admettre que la plus grande partie des principes inconnus est formée par de la cellulose, associée peut-être à une autre matière moins oxygénée.

CONCLUSIONS.

Pendant cette longue série de recherches que nous venons de décrire dans ce mémoire, nous croyons avoir établi quelques faits nouveaux dans l'histoire de la maturation des plantes que nous avons eu occasion d'étudier. Nous allons, en terminant, les rappeler en quelques mots :

1° Les plantes oléagineuses contiennent ordinairement dans leurs tissus une grande quantité d'une matière facilement oxydable et qui se rapproche du tannin par la plupart de ses propriétés.

2° Cette substance persiste dans la plante même après qu'elle a mûri sa graine; elle n'émigre point et ne semble pas avoir d'utilité immédiate dans la maturation.

3° La matière grasse ne paraît pas pouvoir se déplacer dans la plante, comme le font les matières albuminoïdes.

4° A mesure qu'elles avancent en âge, les plantes oléagineuses s'enrichissent en carbone et en hydrogène. L'inverse a lieu pour l'avoine.

5° En 1877, la formation des matières grasses, dans le lin, le pavot et la moutarde, n'a pas été accompagnée d'une perte d'oxygène.

6° La matière organique qui accompagne, dans le lin, l'albumine et les graisses, présente presque identiquement la composition de la cellulose.

Nota. — On a pu voir que, dans le courant de ce travail, nous

avons effleuré ce sujet si intéressant et encore si obscur de l'origine des matières grasses dans les végétaux. Pouvons-nous, en ajoutant à tout ce que l'on sait déjà les quelques observations que nous avons pu réunir pendant ces deux années, l'aborder avec quelque chance de succès? Nous en avons eu pendant longtemps l'espoir; mais, il faut bien l'avouer, l'analyse est un procédé bien imparfait pour ce genre de recherches, et, malgré tous nos efforts, nous n'avons pu y réussir; cependant il nous semble que maintenant la question est un peu mieux définie qu'autrefois, et nous ne voudrions pas terminer ce mémoire sans la résumer rapidement.

Supposons, ce qui est très-vraisemblable, que la matière première de tous les principes immédiats soit un hydrate de carbone; il devra nécessairement, pour se transformer en matières grasses, perdre de l'oxygène, et, de deux choses l'une, ou bien cet oxygène reste dans la plante, ou bien il en sort: examinons successivement ces deux manières de voir.

Si l'oxygène que perd le glucose reste dans la plante, il doit se fixer sur l'un de ses principes constituants, et on doit rencontrer, à côté de la matière grasse, une substance très-oxygénée; or l'analyse n'a pas pu nous la faire découvrir, et même notre sixième conclusion nous apprend qu'elle n'existe pas; donc la première hypothèse est inexacte, et nous pouvons dire en toute sécurité :

« La matière grasse qui se forme dans les végétaux ne résulte pas du dédoublement d'un hydrate de carbone. »

Reste maintenant la seconde explication : la matière grasse dérive du glucose par élimination d'oxygène.

La première question qui se présente à l'esprit est alors celle-ci : D'où provient le glucose qui, par sa transformation, donne naissance aux matières grasses? Nous n'en avons jamais trouvé qu'une assez faible quantité dans le lin, et, bien plus, nous ne voyons, pendant la maturation, aucun principe immédiat diminuer d'une façon sensible; il ne semble donc pas que la matière grasse puisse être le résultat de la transformation d'une substance existant déjà dans la plante.

Nous aurons peut-être la solution de cette difficulté en examinant la composition élémentaire de nos récoltes en 1877 : le tableau X nous apprend que le carbone et l'hydrogène augmentent constamment; donc la plante assimile toujours, même pendant qu'elle mûrit sa graine, et cette assimilation cesse de se produire dans les condi-

tions ordinaires, puisque l'oxygène ne s'accroît plus qu'en très-faible proportion.

On peut donc supposer que, pendant la maturation des plantes oléagineuses, la partie supérieure de la tige continue à élaborer du glucose, et que, par suite de réactions encore indéterminées, ce glucose est immédiatement réduit en laissant un résidu de matières grasses qui s'accumulent dans la graine (1); mais, là encore, une nouvelle difficulté nous arrête : sous quelle forme l'oxygène peut-il s'échapper ? Nous ne pensons pas que ce soit seulement sous forme d'acide carbonique, car, toutes les fois qu'on enferme un organe végétal dans une atmosphère confinée, on voit apparaître moins d'acide carbonique qu'il n'a disparu d'oxygène ; MM. Dehérain et Moissan ont indiqué ce fait pour un grand nombre d'espèces végétales ; nous-mêmes, dans une série d'essais dont l'exposé ne saurait trouver place ici, nous l'avons vérifié pour le lin en maturation ; par conséquent, il n'est pas possible d'admettre que le glucose perde son oxygène à l'état d'acide carbonique seulement, mais il peut en perdre aussi à l'état d'eau ; malheureusement nous n'avons plus sur ce point aucune espèce de donnée ; nous ne savons pas si, pendant la respiration des végétaux, l'hydrogène brûle en même temps que le carbone ; cela nous semble bien probable, mais le fait n'a pas été démontré, et c'est peut-être dans ce sens qu'il faudrait poursuivre les recherches qui arriveront à éclaircir la question qui nous a si longtemps occupé.

MAL'ARIA DE LA CORSE

ROLE DES CULTURES DANS L'ASSAINISSEMENT DES TERRES INSALUBRES

PAR

M. BOITEL

Inspecteur général de l'agriculture et des établissements agricoles pénitentiaires.

Quand on compare le département de la Corse aux autres départements français, on reconnaît qu'il en est peu de plus étendus et que, néanmoins, sous le rapport de la production et de la richesse, il tombe tout à fait au dernier rang, passant après la Lozère, les Basses-Alpes et les Hautes-Alpes. Les impôts de toute nature, ac-

(1) Nous avons fait remarquer que pendant la maturation des plantes oléagineuses le haut de la tige conserve une proportion d'eau supérieure au reste de la plante ; c'est l'inverse qu'on observe dans l'avoine.

quittés par la Corse, atteignent à peine la moitié de ce que payent les plus pauvres départements de la France. Il est vrai que l'île de Corse, si belle et si pittoresque pour le touriste, n'est pas parvenue, jusqu'à présent, à donner à son commerce, à son industrie et à son agriculture, des développements en rapport avec la beauté et la sûreté de ses ports, avec l'importance de sa population et les ressources naturelles de son sol.

Une des causes qui nuisent le plus aux progrès de son agriculture, est, sans contredit, la mal'aria qui, pendant la moitié de l'année, règne sur les meilleurs terrains de la zone maritime. C'est dans la région la plus élevée et la moins propre aux cultures qu'ont été bâtis la plupart des villages où les Corses trouvent, comme ils le disent, bon air et bonne eau; mais, au milieu de ces montagnes, les surfaces sont si rocheuses et si inclinées, qu'il est impossible de s'y livrer avec profit aux diverses spéculations de la culture. Les bonnes terres, il faut les chercher au bord de la mer, dans la plaine orientale et dans les vallées où sont venues se déposer les riches alluvions des montagnes. Malheureusement, la mal'aria, inconnue dans les hauteurs, fait des ravages épouvantables sur les travailleurs qui, pendant l'été, descendent à la plaine pour se livrer aux divers travaux de l'agriculture. Cette zone basse, malsaine en été, n'offre, il est vrai, aucun danger pendant l'hiver. Mais comment obtenir de bons résultats sur une terre qu'il faut abandonner pendant six mois, sous peine de s'y exposer aux plus cruelles maladies? C'est là ce qui oppose le plus sérieux obstacle à la mise en valeur des meilleurs terrains de la Corse.

Le fléau de la mal'aria n'est pas moins nuisible aux travaux de l'industrie et du commerce. Quelle entreprise industrielle ou commerciale pourrait se montrer fructueuse dans un pays où elle subirait pendant l'été une interruption absolue de 5 à 6 mois? L'assainissement des terres basses serait, pour ce pays déshérité, une amélioration capitale, qui le transformerait comme par enchantement et l'amènerait très-vite à un haut degré de prospérité.

Vers 1856, le gouvernement a essayé de résoudre ce problème difficile en créant, en Corse, des établissements agricoles pénitentiaires. On débuta par deux établissements aux environs d'Ajaccio; celui de Chiavari, comprenant 2 200 hectares de maquis, et celui de Castellouccio, d'environ 350 hectares, sur le territoire même de la commune d'Ajaccio. Les premières casernes ont été construites

au milieu de la campagne, au centre des terres incultes qu'on voulait assainir et mettre en valeur. Au début, les colons ont eu terriblement à souffrir des atteintes de la mal'aria. Chiavari, situé à 3 kilomètres de la mer et à une altitude de 144 mètres, était, en été, un séjour mortel pour tout le personnel du pénitencier. Pour échapper à de plus grands malheurs, on a dû, à l'exemple des paysans, quitter, pendant l'été, les terrains infectés de mal'aria, et chercher dans les hauteurs un air plus pur et plus sain.

Heureusement ce domaine, comme celui de Castellouccio, présentait des points élevés qui semblaient offrir de bonnes conditions de salubrité pour les casernes destinées à loger les émigrants de Chiavari. A partir du mois de mai, les détenus étaient évacués aux refuges de Laticapso et de Coti, situés l'un à 381 mètres et l'autre à 625 mètres d'altitude. On ne laissait à Chiavari, aux prises avec la mal'aria, qu'une centaine de volontaires affectés au service des cultures et des animaux; on les récompensait de leur dévouement par un meilleur régime alimentaire et par les soins les plus propres à les défendre de l'influence pernicieuse du mauvais air. Ils recevaient journellement du vin, du café, de la viande et de la quinine au premier accès de fièvre. De plus, on s'empressait d'expédier aux refuges tout homme atteint de la moindre indisposition.

Moyennant ces précautions, l'état sanitaire de la population s'est promptement amélioré et, grâce aux refuges d'été, cette entreprise de défrichement, commencée si témérairement, au milieu d'une contrée mortelle en été, a pu être continuée sans qu'il en résultât de graves inconvénients pour la santé des travailleurs. Il a été reconnu qu'on pouvait même les envoyer pendant le jour sur les terrains malsains, à la seule condition de ne pas y être avant le lever ou après le coucher du soleil, et de venir passer la nuit dans l'atmosphère fraîche et pure des refuges. Il faut dire aussi que l'insalubrité des terres basses a considérablement diminué à mesure que les maquis les plus voisins des habitations ont été défrichés et convertis en vignes, en prairies naturelles et en plantations de toute espèce. Au bout d'une dizaine d'années de séjour à Chiavari, quand on a eu capté toutes les sources, régularisé le cours des ruisseaux, desséché et comblé quelques parcelles marécageuses près de la mer, on a constaté avec autant d'étonnement que de satisfaction que le détachement soumis à la mal'aria de Chiavari ne se portait pas plus mal que les émigrants de Laticapso et de Coti.

La mal'aria était vaincue, et le mérite de cette conquête revenait tout entier à l'agriculture. Dès lors les refuges d'été n'étaient plus nécessaires, et on pouvait en disposer pour en faire de nouveaux centres d'exploitation. L'usage des refuges contre la mal'aria a été un expédient nécessaire au début de la colonisation, mais cette mesure préservatrice occasionne des déplacements périodiques et exige une double résidence dont les frais augmentent beaucoup le prix de revient du travail des détenus. Si ce système d'émigration devait se continuer indéfiniment, on finirait par y renoncer à cause des charges qui en résulteraient pour le budget de l'État.

Grâce à Dieu, les établissements de Chiavari et de Castellouccio sont affranchis des émigrations estivales, et les détenus, et tout le personnel des employés, restent en permanence sur ces terrains devenus sains et habitables, depuis qu'à un maquis insalubre et inculte ont succédé des cultures permanentes offrant, en été, une végétation vigoureuse propre à purger l'air des principes délétères qui en altéraient la pureté.

Chiavari, situé au milieu d'une contrée empoisonnée de mal'aria, forme maintenant une sorte d'oasis saine et habitable pendant toute l'année, bien que les terres incultes qui environnent le domaine continuent à être malsaines et mortelles en été. Cet assainissement partiel, que personne n'aurait osé espérer à l'origine de la colonisation, est un fait capital qu'on ne saurait trop signaler à l'attention publique, à cause des conséquences importantes qu'on peut en tirer pour l'assainissement des terrains insalubres.

A quoi bon, disait-on autrefois, assainir une portion de terrain, si les voisins restent inactifs et laissent naître chez eux le mauvais air, qui, sous l'action du vent, ira décimer les travailleurs des domaines défrichés? L'exemple de Chiavari démontre que les choses ne se passent pas ainsi. A moins de 800 mètres du pénitencier il existe des terrains communaux complétement envahis par la mal'aria; et l'expérience démontre que les travailleurs de Chiavari n'ont jamais souffert sensiblement de ce dangereux voisinage; les observations recueillies depuis vingt ans sur une population moyenne de 1 000 individus, dont tous les mouvements sont réglés et surveillés et sur lesquels on a pu établir la statistique exacte des malades et des décès, prouvent qu'à Chiavari la mal'aria n'a plus d'effet sur les hommes qui ne commettent pas d'imprudence hygiénique, et qui observent les mesures préservatrices dont les indi-

gènes ne se départissent jamais, toutes les fois qu'ils ont à séjourner ou à voyager dans la région des terrains malsains. Sous le rapport de la mortalité, Chiavari est, depuis longtemps, classé parmi les établissements les plus favorisés.

De toutes les cultures, c'est la vigne qui l'emporte de beaucoup par son importance et par l'étendue qui lui est consacrée. La vigne forme autour de Chiavari une enceinte continue dont la profondeur est de 2 ou 3 kilomètres. Cette ceinture de vignes, dont la végétation n'est jamais plus vigoureuse et plus absorbante qu'en plein été, au fort de la mal'aria, est, à mon avis, la cause principale de l'assainissement du pénitencier.

Sur ces terrains granitiques, rocheux et tourmentés, la vigne en terrasses superposées était évidemment la culture la plus rationnelle et la plus avantageuse à tenter; mais il n'est pas douteux que si, au lieu de la vigne, on y avait cultivé de l'orge ou d'autres céréales mûres et récoltées en juin, la mal'aria s'y serait comportée tout différemment, et l'assainissement complet de l'établissement se serait fait longtemps attendre; peut-être même ne l'eût-on jamais obtenu. A côté de cet important vignoble produisant déjà un vin excellent, on voit, çà et là, quelques plantations de mûriers, d'amandiers, de peupliers et d'eucalyptus. Ces derniers végétaux occupent peu d'espace et ne peuvent avoir une action bien grande sur la composition de l'air ambiant. Sans refuser à l'eucalyptus un certain pouvoir d'assainissement, en raison de sa végétation rapide et de son aptitude à croître sur le sol le plus frais et le plus fertile, je suis convaincu que les feuilles de la vigne et du mûrier purifient l'air avec plus d'énergie, sans compter que ces cultures fournissent des produits bien supérieurs à tout ce que l'on peut tirer des plantations d'eucalyptus. Ajoutons que ce dernier ne vient pas dans tous les terrains comme la vigne, qu'il est d'une multiplication difficile en Corse, que les vents violents de mer et de montagne en brisent beaucoup dans le jeune âge, et nous reconnaîtrons que nos cultures arbustives du Midi, aux feuilles caduques et absorbantes doivent jouer, dans l'œuvre de l'assainissement des terres insalubres, un rôle que n'atteindra jamais la nouvelle essence australienne. Ce n'est pas à dire qu'il faille rejeter cette conquête récente de la science forestière : l'eucalyptus compte un grand nombre de variétés, dont les unes constituent de magnifiques arbres d'ornement et dont les autres ont la propriété de prospérer

dans les terrains marécageux, où leur présence contribue à dessécher le sol et à purifier l'air dans une certaine mesure; mais ce serait une erreur funeste aux défricheurs de maquis, que de laisser croire que la présence seule de l'eucalyptus suffit pour faire disparaître toute trace de mal'aria. Jusqu'à présent, l'assainissement complet d'une localité ne peut s'obtenir que par la mise en culture des terrains défrichés. Ce fait, parfaitement établi par les deux pénitenciers de la côte occidentale, se confirme également à Casabianda où l'on a fondé, en 1862, un troisième établissement aussi important que celui de Chiavari, mais plus fertile et plus difficile à assainir, à cause de l'éloignement des montagnes et du voisinage de plusieurs étangs très-insalubres pendant l'été.

On a beau dessécher les marais, rectifier les cours d'eau, défricher les landes et planter des eucalyptus, la mal'aria subsiste toujours, tant que la charrue ou la bêche n'a pas pris possession du sol et ne l'a pas garni sur toute son étendue d'une végétation énergique qui, pendant la saison chaude, détruit et absorbe tout le mauvais air, qu'il naisse sur le terrain lui-même ou qu'il soit apporté par le vent des propriétés voisines non assainies. On ignore toujours ce qu'est la mal'aria; sont-ce des miasmes, des gaz particuliers, ou, comme le pensent plusieurs savants, une sorte d'algue dont les germes reproducteurs, suspendus dans l'air, s'introduisent dans l'organisme humain, où ils causent un trouble profond dans le jeu des principaux organes et dans la composition du sang?

Jusqu'à présent cette question, mal étudiée peut-être, n'a pas obtenu de la science une solution nette et précise. Les malades frappés par ce principe délétère semblent avoir été soumis à une sorte d'empoisonnement qui n'est bien connu que dans ses effets sur l'économie animale, et dans les circonstances qui en favorisent la production et l'extension au milieu de l'atmosphère. Un point parfaitement acquis à la science, et toujours confirmé par l'observation et l'expérience, c'est que le mauvais air ne prend jamais naissance dans la région supérieure des montagnes. En Corse, tous les villages dont l'altitude dépasse 400 mètres sont d'une salubrité parfaite en toute saison. Il en est encore un certain nombre qui jouissent de la même immunité à 300 mètres, et même à 275 mètres de hauteur.

Plus on descend, plus on s'expose à être frappé par le mauvais

air du lieu même ou des terrains inférieurs. Dans la zone basse, on ne cite qu'un petit nombre de localités où l'on puisse résider sans danger pendant l'été.

Ajaccio, Bastia, Calvi, Bonifacio et l'Ile-Rousse, sont des ports de mer habités et habitables toute l'année. Cependant on cite, dans plusieurs de ces villes, certains quartiers, certaines maisons et, dans quelques habitations, certains étages, les plus bas, où la fièvre paludéenne fait des victimes pendant les mois les plus chauds de l'année. A quelques pas de ces villes maritimes, il existe des terrains infectés de mauvais air pendant six mois de l'année. Deux conditions essentielles sont à remplir pour que la mal'aria épargne les populations des villes basses : il faut qu'on y jouisse d'une vue sur la pleine mer, aussi étendue que possible, et que, par l'abri immédiat d'une montagne, les habitations soient protégées contre les courants chargés de mauvais air. Si à ces deux conditions nécessaires on joint celle d'une culture arbustive active et soignée entre le lieu habité et les terres incultes, on pourra alors jouir d'une salubrité pareille à celle de la région montagneuse, avec cette différence, cependant, qu'au niveau de la mer on souffre toujours plus de la chaleur et du manque d'eau fraîche.

Ce qui cause le plus de mal aux localités basses, c'est l'état inculte et abandonné du sol dans le voisinage immédiat des habitations. Le maquis, ou le marais en situation basse, est toujours un milieu malsain et fiévreux.

Tout le monde sait que, sous le climat du Midi, la mal'aria prend naissance partout où des matières organiques végétales sont en décomposition sous la double influence de l'humidité et de la chaleur. Une flaque d'eau stagnante, une citerne non couverte, une parcelle marécageuse où suinte une source inutilisée, un filet d'eau au cours vaseux et garni de végétaux aquatiques, un simple maquis en apparence inoffensif, donnent lieu à ces effluves pestilentielles qui déciment la population si on ne s'empresse de combattre le mal à la première manifestation de la fièvre. Que faudrait-il faire pour améliorer et changer complétement les conditions hygiéniques de ces localités? Mettre en culture ces terres négligées et délaissées, et y faire prédominer la vigne, le mûrier, et toutes les cultures arbustives les mieux appropriées au sol et au climat. En Italie, dans l'ancien duché de Lucques, dans les mêmes conditions de latitude et d'altitude, ne voit-on pas des localités basses compléte-

ment exemptes de mal'aria? Là, les villages se touchent, et le sol, partout sillonné de canaux d'assainissement et d'irrigation, est cultivé comme un véritable jardin; les récoltes succèdent aux récoltes, et la terre ne se repose jamais; de plus, toutes ces petites parcelles de culture sont entourées d'arbres servant de tuteurs à des vignes en festons, d'une vigueur et d'une fécondité extraordinaires.

Il est bien certain que ces plaines, si fertiles et si peuplées, deviendraient bien vite des foyers infects de mal'aria, si on venait à ne plus les cultiver et à ne plus contenir et diriger les eaux qui, par le travail et l'industrie des cultivateurs, sont maintenant une source de richesses et de productions. Les belles vallées de la Corse, et les plaines de la côte orientale, aujourd'hui désertes, dépeuplées et improductives, n'attendent que des bras et quelques capitaux pour s'assainir et se couvrir de riches moissons. La mal'aria recule et disparaît devant le travail opiniâtre et les efforts persévérants des populations. C'est par l'agriculture, ou plutôt par l'arboriculture qu'il faut combattre et dompter ce terrible fléau de la Corse. Il n'y a pas d'autre moyen, pour ce département, de passer promptement de la misère à l'abondance, de la pauvreté à la richesse. Dès lors ce pays, qui réunit à lui seul toutes les beautés de la nature, le ciel bleu de l'Italie avec une mer magnifique, des montagnes neigeuses et des ports incomparables, ne tarderait pas à prendre rang parmi les départements les plus riches et les plus peuplés de la France (1).

(1) Communication faite à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (11 janvier 1878).

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON

CLIMATOLOGIE DU 1er DÉCEMBRE 1876 AU 1er DÉCEMBRE 1877

PAR

MM. A. POURIAU

Docteur ès sciences, professeur à l'École de Grignon,

ET

MARLIN

Préparateur.

OBSERVATOIRE DE GRIGNON.

Latitude	48° 50′ 55″
Longitude	0° 23′ 47″
Altitude du sol	84m,45
Altitude de la cuvette du baromètre	85m,41

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES (1)

Faites à l'École de Grignon pendant l'année 1876-1877.

MOIS.	TEMPÉRATURE. moy.	max.	min.	PLUIE en m/m.	ÉVAPORATION en m/m.	DEGRÉS hygrométriques.	VENTS dominants.	BAROMÈTRE à zéro.
Décembre 1876.	6°50	9°58	3°46	52mm1	30mm5	83°	S. O.	749.9
Janvier 1877.	5 88	10 03	1 81	35.6	27.5	80	O. S. O.	752.2
Février —	6 00	9 99	1 93	77.2	36.8	79	O. S. O.	752.6
Mars —	4 98	10 19	—0 27	70.1	31.3	72	N. O.	749.3
Avril —	9 52	15 28	2 87	70.7	98.0	68	N. N. E.	744.5
Mai —	11 10	16 45	4 97	95.7	99.3	61	O. S. O.	748.8
Juin —	19 80	26 60	11 31	40.3	135.6	58	O. N. O.	756.6
Juillet —	18 28	24 84	10 59	77.4	112.5	64	O. N. O.	754.7
Août —	18 64	25 25	10 76	46.9	114.4	66	O. S. O.	754.6
Septembre —	12 70	18 68	5 63	80.3	62.7	73	N. E.	754.5
Octobre —	9 54	15 90	3 38	41.3	44.4	78	N. E.	755.3
Novembre —	7 92	12 21	3 96	77.6	26.3	87	S. O.	749.0
Moyennes ou sommes..	10 90	16 25	5 03	765.2	819.3	72 4	O. S. O.	751.8

(1) Nous continuerons à comparer les chiffres obtenus à Grignon aux moyennes relatives à Versailles et déduites d'un grand nombre d'années d'observations : vingt années pour la température et dix années pour la pluie. V. *Annales agronomiques*, 1876, p. 88.

THERMOMÉTRIE.

Comparaison de la température de l'année 1876-77 à celle d'une année moyenne.

MOIS.	ANNÉE MOYENNE (Versailles, 20 années).		ANNÉE 1876-77 (Grignon).	
Décembre..........	3°45	Hiver.... 3°27	6°50	6°12
Janvier............	2 68		5 88	
Février............	3 67		6 00	
Mars..............	5 92	Printemps. 9 86	4 98	8 53
Avril..............	10 06		9 52	
Mai...............	13 61		11 10	
Juin...............	16 99	Été...... 18 08	19 80	18 90
Juillet............	18 89		18 28	
Août..............	18 36		18 64	
Septembre.........	15 28	Automne. 10 84	12 70	10 05
Octobre............	11 48		9 54	
Novembre.........	5 77		7 92	
Moyennes.........	10 51		10 90	

Comparaison de la température de l'année 1876-77 à celles des deux années précédentes (Grignon).

SAISONS.	1874-75.	1875-76.	1876-77.
Hiver........................	1°79	1°50	6°12
Printemps..................	9 96	9 55	8 53
Été.........................	18 15	19 34	18 90
Automne....................	10 78	11 31	10 05
Moyennes annuelles.........	10 17	10 42	10 90

PLUVIOMÉTRIE.

Observations faites à Grignon pendant l'année 1876-77.

MOIS.	HAUT. MOYENNES en $^m/_m$.	SAISONS.		NOMBRE DE JOURS de pluie (1).	
Décembre 1876.......	52.1	Hiver.....	164.9	11	35
Janvier 1877.......	35.6			10	
Février —	77.2			14	
Mars —	70.1	Printemps.	236.5	18	47
Avril —	70.7			15	
Mai —	95.7			14	
Juin —	40.3	Été.......	164.6	7	28
Juillet —	77.4			12	
Août —	46.9			9	
Septembre —	80.3	Automne..	199.2	9	29
Octobre —	41.3			7	
Novembre —	77.6			13	
Sommes...........	765.2		765.2	139	

(1) Nous ne comptons comme jours de pluie que ceux pour lesquels on a recueilli à l'udomètre, au minimum, 1 millimètre d'eau en 24 heures.

Comparaison des observations pluviométriques de 1876-1877, à celles des deux années précédentes.

SAISONS.	1874-75.	1875-76.	1876-77.
Hiver.......................	166.6	72.5	164.9
Printemps.................	37.0	133.4	236.5
Été...........................	229.6	140.0	164.6
Automne....................	191.8	165.0	199.2
Sommes annuelles.........	625.0	510.9	765.2

PLUVIOMÉTRIE.

Comparaison des hauteurs d'eau tombées à Grignon en 1876-77 aux hauteurs moyennes déduites de six années d'observations (1868-69, 1871-72, 1872-73, 1873-74, 1874-75, 1875-76).

MOIS.	PÉRIODE DE SIX ANNÉES.			ANNÉE 1876-77.	
	mm		mm	mm	mm
Décembre	40.4	Hiver	104.5	52.1	164.9
Janvier	35.7			35.6	
Février	28.4			77.2	
Mars	47.4	Printemps	109.6	70.1	236.5
Avril	24.4			70.7	
Mai	37.8			95.7	
Juin	53.4	Été	169.9	40.3	164.6
Juillet	48.6			77.4	
Août	67.9			46.9	
Septembre	64.7	Automne	173.8	80.3	199.2
Octobre	47.6			41.3	
Novembre	61.5			77.6	
Sommes	557.8			765.2	

PLUVIOMÉTRIE.

Comparaison des observations pluviométriques de 1876-77 à celles relatives à une année moyenne.

MOIS.	ANNÉE MOYENNE (Versailles, 10 ans).			ANNÉE 1876-1877 (Grignon).	
	mm		mm	mm	mm
Décembre	36.3	Hiver	105.1	52.1	164.9
Janvier	42.1			35.6	
Février	26.7			77.2	
Mars	35.7	Printemps	155.8	70.1	236.5
Avril	54.9			70.7	
Mai	65.2			95.7	
Juin	52.8	Été	166.2	40.3	164.6
Juillet	59.9			77.4	
Août	53.5			46.9	
Septembre	35.9	Automne	132.4	80.3	199.2
Octobre	52.8			41.3	
Novembre	43.7			77.6	
Sommes	559.5			765.2	

ACTINOMÉTRIE.

Moyenne des observations faites deux fois par jour, du 1er décembre 1876 au 1er décembre 1877.

MOIS.	THERMOMÈTRE DANS LE VIDE. 9 heures du matin. (T — t)	Midi. (T — t)	MOYENNES.	MOYENNES MULTIPLIÉES par le facteur propre à l'instrument (1).
Décembre 1876.......	2° 79	4°10	3°44	31°8
Janvier 1877.........	2.74	4.36	3.55	32.8
Février..............	3.06	4.50	3.78	34.9
Mars................	6.03	5.62	5.82	45.8
Avril................	8.26	9.79	9.02	64.9
Mai.................	6.92	9.27	8.09	58.2
Juin.................	10.16	11.31	10.73	77.2
Juillet..............	8.95	9.81	9.38	67.5
Août................	8.68	11.39	10.03	72.2
Septembre...........	8.09	9.54	8.81	63.4
Octobre..............	6.22	9.81	8.01	57.6
Novembre............	2.67	5.36	4.01	28.8

(1) Deux actinomètres préalablement comparés à celui de l'observatoire de Montsouris ont servi successivement à faire les observations ci-dessus :
1° *Actinomètre n° 47*, observé du 1er décembre 1876 au 9 mars 1877.
Formule de réduction : [(T — *t*) — 0°,15] 9°,25.
2° *Actinomètre n° 41*, observé du 9 mars au 1er décembre 1877.
Formule de réduction : [(T — *t*) — 0,20] 7,20.

Nous rappellerons ici que l'actinomètre observé à l'École de Grignon est celui adopté à l'observatoire de Montsouris par M. Marié-Davy. Il se compose de deux thermomètres exactement semblables, sauf que le réservoir de l'un est noirci au noir de fumée, tandis que celui de l'autre conserve sa surface vitreuse et brillante. Ces deux thermomètres dits *conjugués*, sont renfermés chacun dans une enveloppe où l'on a fait le vide; on les observe chaque jour à neuf heures du matin et à midi, et la différence (T-*t*) entre le thermomètre noirci et celui à réservoir ordinaire, donne le *degré actino-*

métrique. Pour pouvoir comparer nos résultats d'observations à ceux de Montsouris, il est nécessaire de multiplier préalablement les premiers par un facteur, propre à notre actinomètre, dont M. Marié-Davy a eu l'obligeance d'effectuer la détermination.

MOIS.	1 DEGRÉS actinométriques observés à midi. — Grignon.	2 MOYENNES multipliées par le facteur propre à notre actinomètre.	3 DEGRÉS actinométriques calculés pour l'heure de midi et la latitude de 49°—moyennes (1).	4 RAPPORTS des moyennes 2 et 3.
Décembre 1876..........	4.10	37.9	66.6	56.9
Janvier 1877............	4.36	40.3	68.1	59.1
Février................	4.50	41.6	75.0	55.4
Mars..................	5.62	40.4	80.4	50.2
Avril..................	9.79	70.4	83.9	83.9
Mai...................	9.27	66.7	85.6	77.9
Juin...................	11.31	81.4	86.2	94.4
Juillet.................	9.81	70.6	86.0	82.1
Août..................	11.39	82.0	85.2	96.2
Septembre..............	9.54	68.6	82.9	82.7
Octobre................	9.81	70.6	78.8	89.5
Novembre...............	5.36	38.6	72.3	53.3

(1) Voir Annuaire de Montsouris, 1877, page 49.

Les nombres renfermés dans la colonne 3 indiquent la moyenne pour 100 de rayons qui arrivent à la terre par un ciel pur et sans nuages, chaque mois, à l'heure de midi et pour une latitude de 49°, qui est sensiblement celle de Paris ou de Grignon (48° 50′).

En posant égal à 100 chacun des nombres inscrits dans cette colonne, on trouvera par une simple proportion les rapports entre les nombres qui figurent dans les colonnes 2 et 3.

Exemple : Pour décembre 1876, on trouve que ce rapport est égal à 56,9, ce qui signifie que pendant ce mois, à l'heure de midi, la terre n'a reçu, en moyenne, que les 56,9 pour 100 des rayons qu'elle aurait pu recevoir par un ciel pur et sans nuages.

On peut donc déduire de ces nombres l'éclairement *relatif* des différents mois et constater que les deux les plus éclairés ont été *juin* et *août*, et les deux les moins éclairés, *mars* et *novembre*.

Comme complément des chiffres qui précèdent, nous transcrirons ici les résultats des observations actinométriques faites en 1876, du 1er juin au 30 novembre.

MOIS. — 1876	THERMOMÈTRES DANS LE VIDE. 9 h. matin.	midi.	moyennes.	MOYENNES multipliées par le facteur propre à l'instrument (1).
Juin	7.04	7.98	7.51	69.4
Juillet	7.76	8.79	8.27	76.5
Août	5.87	7.98	6.92	64.0
Septembre	3.89	5.71	4.80	44.4
Octobre	4.20	4.36	4.28	39.6
Novembre	3.67	6.04	4.85	30.3

(1) Actinomètre n° 47. — Formule de réduction [(T — t) — 0.15] 9.25.

MOIS. (1876)	1 DEGRÉS actinométriques à midi. — Grignon.	2 MOYENNES mensuelles, multipliées par le facteur 9.25.	3 MOYENNES calculées pour l'heure de midi et la latitude de 49°.	4 RAPPORTS des moyennes 2 et 3.
Juin	7.98	73.8	86.2	85.6
Juillet	8.79	81.3	86.0	94.5
Août	7.98	73.8	85.2	86.6
Septembre	5.71	52.8	82.9	63.6
Octobre	4.36	40.3	78.8	51.1
Novembre	6.04	55.8	72.3	77.1

COMPARAISON DES RÉSULTATS THERMOMÉTRIQUES ET ACTINOMÉTRIQUES POUR LA MÊME PÉRIODE DE 6 MOIS EN 1876 ET 1877.

MOIS.	TEMPÉRAT. MOYENNES.		DIFFÉRENCES pour 1877.	ÉCLAIREMENTS A MIDI.		DIFFÉRENCES pour 1877.
	1876	1877		1876	1877	
Juin............	16.92	19.80	+ 2.88	85.6	94.4	+ 8.8
Juillet..........	21.00	18.28	— 2.72	94.5	82.1	— 12.4
Août............	20.11	18.64	— 1.47	86.6	96.2	+ 9.6
Septembre.......	14.70	12.70	— 2.00	63.6	82.7	+ 19.1
Octobre.........	12.78	9.54	— 3.24	51.1	89.5	+ 38.4
Novembre......	6.46	7.92	+ 1.46	77 1	53.3	— 23.8

En comparant les chiffres du tableau précédent, on voit immédiatement :

1° Que les degrés d'éclairement comme les températures varient pour les mêmes mois, d'une année à l'autre.

2° Que les degrés d'éclairement ne sont nullement corrélatifs des quantités de chaleur accusées par le thermomètre ordinaire.

En effet, dans cette période de six mois, deux fois seulement, en juin et juillet, les différences ont eu lieu dans le même sens : juin 1877 a été plus chaud que juin 1876, il a été en même temps plus éclairé; juillet 1877 a été moins chaud et aussi moins éclairé qu'en 1876.

Pour les quatre autres mois, au contraire, à une diminution de chaleur en 1877 correspond un accroissement d'éclairement et *vice versâ*.

En 1879, lorsque nous aurons deux années et demie d'observations actinométriques, il nous sera possible d'étendre ces comparaisons et d'en tirer quelques conclusions intéressantes au point de vue agricole.

RÉSUMÉ CLIMATOLOGIQUE

Thermométrie.

La température moyenne de l'année 1876-77 a été un peu plus élevée que celle déduite de vingt années d'observations, 10,90 au lieu de 10,51 ; et sur les quatre saisons, deux surtout, l'hiver et le printemps, ont présenté, sous le rapport de la température, des différences notables avec celle d'une année normale.

Pluviométrie.

La hauteur d'eau recueillie au pluviomètre pendant l'année 1876-77 (765mm,2) a dépassé d'environ $\frac{36}{100}$ la hauteur moyenne annuelle 559,5, elle correspond donc à une année pluvieuse.

Sur les quatre saisons, trois, l'hiver, le printemps et l'automne, ont fourni une quantité d'eau supérieure à la moyenne, tandis que pendant l'été la hauteur d'eau tombée est restée sensiblement égale à celle d'une année normale.

En 1876-77, le nombre de jours de pluie ayant donné au minimum 1 millimètre d'eau au pluviomètre, s'est élevé à 139 au lieu de 114 en 1876.

Si l'on compare l'année 1876-77 aux deux années précédentes, on voit que, de ces trois années, c'est celle que nous venons de traverser qui a été la plus humide.

1875-76 avait été une année relativement sèche, 1874-75 une année humide; mais 1876-77 a présenté un caractère d'humidité encore plus accusé.

Phénomènes météorologiques propres aux quatre saisons.

HIVER (décembre 1876, janvier et février 1877).

Température moyenne, 6°,12, presque double de celle normale, 3°,27. — Nombre de pluies : 35.

Hauteur d'eau tombée. — 164mm,9 au lieu de 105mm,1, hiver très-humide, surtout en décembre et février.

Décembre 1876. Température exceptionnellement douce pendant tout le mois, six jours de gelée seulement avec un minima extrême ne dépassant pas — 2°; température maxima élevée et s'élevant jusqu'à 17°,5, le 2.

Le 3, violent orage accompagné de tonnerre et d'éclairs. Durant ce mois, grâce à la température élevée, aux pluies chaudes et fréquentes, les prairies naturelles ont continué à pousser, les froments faits les premiers ont commencé à taller, beaucoup d'arbustes montraient des bourgeons très-développés; enfin, en décembre, la campagne offrait l'aspect d'un printemps naissant.

Janvier 1877. Pendant la première quinzaine, la température est restée douce et humide comme en décembre; pendant la seconde, il s'est manifesté un abaissement de température sensible et qui s'est traduit par des minima de — 6°,5 et de — 8°,5.

La moyenne mensuelle 5°,88 n'en a pas moins été deux fois plus élevée que celle d'une année normale.

Février. L'hiver continue à être très-doux, maxima de 12° et 13°,5, huit jours seulement de gelée dans ce mois, avec des minima ne dépassant pas — 4° et — 5°.

Quatorze jours de pluie sur vingt-huit, hauteur d'eau 77mm,2, c'est-à-dire trois fois plus que la moyenne normale.

Le 20, grande tempête annoncée par une dépression barométrique de 22 millimètres du 18 au 20.

Fin février, la végétation, un instant retardée par les froids de la deuxième quinzaine de janvier, a repris un essor extraordinaire, et les céréales d'hiver étaient de toute beauté.

Par contre, l'excès d'humidité de la seconde quinzaine de février a rendu les charrois de fumier très-difficiles et empêché les derniers hersages des terres destinées aux semailles de printemps.

PRINTEMPS (mars, avril et mai).

Température moyenne: 8°,53. Inférieure de 1°,33 à celle du printemps d'une année normale, 9°,86.

Hauteur d'eau tombée : 236mm,5, plus du double de la hauteur normale, 109mm,6. Nombre de pluies : 47.

Mars. Température moyenne : 4°,98 au lieu de 5°,92 en moyenne.

17 jours de gelée avec des minima de — 6°, — 7° et — 10° les 10, 11 et 12 mars. Première quinzaine très-froide, seconde quinzaine plus douce.

Mois le plus pluvieux de l'année sous le rapport de la fréquence des pluies : 18 pluies ayant versé dans l'udomètre 70mm,1 d'eau, à peu près le double de la hauteur normale.

Par suite, les ensemencements des céréales de mars et la plantation des pommes de terre ont été rendus très-difficiles; il en a été de même pour les roulages, hersages, scarifiages des blés d'hiver et des luzernes.

Quant aux prairies naturelles, elles continuent à promettre une récolte exceptionnelle.

Avril. Température moyenne 9°,52, un peu moins élevée que celle normale, 10,06. Sept jours de gelée seulement, la plus intense n'ayant pas dépassé — 2°,4.

Température maxima moyenne 15°,28, avec plusieurs maxima de 20 et 21°.

Quinze jours de pluie : 70mm,7 d'eau au lieu de 54,9 en moyenne.

Mois humide et relativement doux pendant lequel, malgré douze jours non ouvrables, on a pu terminer les semailles d'avoine et avancer beaucoup les plantations de pommes de terre. A la fin du mois, les prairies naturelles et artificielles continuent à présenter une splendide végétation.

Mai. Température moyenne 11°,1 au lieu de 13°,6, année normale. Différence en moins pour 1877, 2°,5, due surtout à la faiblesse relative des maxima, qui n'ont pas dépassé 22°,8 et dont la moyenne n'a été que de 16°,45 au lieu de 18°, année normale; six jours de gelée au commencement du mois, la plus intense de 2°.

D'après M. Marié-Davy, pour une période de soixante et onze ans (1806 à 1876) on ne compte que *deux* années, 1837 et 1845, pendant lesquelles la moyenne de mai est descendue jusqu'à 11°.

14 jours de pluie, hauteur d'eau tombée : 95mm,7, au lieu de 65mm,2, en moyenne.

5 orages dont un accompagné de tonnerre et d'éclairs.

A la fin de mai, la végétation des prairies naturelles et artificielles ainsi que celle des cultures sarclées ne laissait rien à désirer; mais un printemps très-humide et relativement froid ayant succédé à un hiver également pluvieux, le besoin d'une température plus élevée se faisait impérieusement sentir, surtout pour les céréales dont on redoutait *la verse* à l'époque de l'épiaison.

Été (juin, juillet, août).

Température moyenne, 18°,90 au lieu de 18°,08, année normale, différence en plus pour 1877, près de 1°.

Hauteur d'eau tombée, 164mm,6, sensiblement égale à la moyenne de cette saison, 166mm,2.

Nombre de jours de pluie : 28.

Juin. Temp. moyenne, 19°,80 au lieu de 16°,99, année normale. Différence en faveur de juin 1877, 2°,81. Maxima moyen, 26°,6. Minima moyen, 11°,3.

Comme nous le verrons plus loin, ces moyennes sont plus élevées que celles correspondantes de juillet et d'août.

Nombre de pluies, 7 seulement, correspondant à une hauteur de 40mm,3, légèrement inférieure à la moyenne normale, 52,8.

Le 14, orage avec éclairs, tonnerre et un peu de grêle. Par une exception tout à fait remarquable, juin a été, en 1877, le mois d'été le plus chaud et le plus sec et celui pendant lequel l'évaporation s'est produite avec le plus d'activité. Cet ensemble de circonstances a été extrêmement favorable aux récoltes en terre et a fait disparaître les craintes très-fondées qu'un printemps froid et trop humide avait inspirées aux agriculteurs.

Grâce à l'élévation subite de la température dès le 1er juin, les terres se sont ressuyées et l'élaboration végétale s'est faite plus activement dans les plantes, dont les tissus étaient devenus moins aqueux.

Dans ce mois, la fauchaison a commencé le 8.

La fenaison a eu lieu dans les meilleures conditions et les prairies tant naturelles qu'artificielles ont donné une récolte exceptionnelle comme quantité et qualité.

A la fin du mois, les céréales étaient belles, mais beaucoup se montraient *versées*.

Juillet. Température moyenne, 18°,28, un peu inférieure à celle d'une année normale, 18°,89, ce qui tient à ce que, sauf pendant cinq jours, les maxima sont restés relativement bas et que le thermomètre à minima est descendu jusqu'à 3° les 8 et 9.

Douze pluies. Hauteur d'eau 77mm,4 au lieu de 59mm,9, année normale.

5 orages dont 2 violents (les 5 et 24) avec tonnerre et éclairs. Le

premier a donné 12^{mm},5 d'eau à l'udomètre, le second, 16^{mm},5. Les pluies fréquentes et les orages ont encore augmenté la proportion de blés versés, déjà considérable à la fin du mois précédent, et retardé la moisson qui n'a commencé que dans les derniers jours de juillet. En outre, le versage des blés dans plusieurs directions a rendu fort difficile l'emploi des machines et même celui de la faux.

Par contre, les prairies naturelles et artificielles ainsi que les racines offraient le plus bel aspect, les pommes de terre avaient aussi très-belle apparence, sauf en quelques endroits où l'humidité excessive de l'année avait favorisé le développement du champignon désigné par les botanistes sous le nom de *Penospora infestans*.

Août. Température moyenne, 18°,64, à peu près égale à celle d'une année normale, 18°,86, plus élevée que celle de juillet; comme l'indiquent les chiffres suivants :

ÉTÉ. — MOIS.	TEMPÉRATURE MOYENNE.	MAXIMA MOYEN.	MINIMA MOYEN.
Juin......................	19.80	26.60	11.31
Juillet......................	18.28	24.84	10.59
Août......................	18.64	25.25	10.76

Août a été un des mois les moins humides de l'année, il n'a fourni que 9 pluies correspondant à une hauteur de 46^{mm},9, inférieure à la moyenne normale, 53^{mm},5.

Dans la nuit du 12 au 13, orage assez violent avec tonnerre et éclairs et ayant donné 16^{mm},7 au pluviomètre.

Les circonstances météorologiques d'août ont été favorables à la rentrée des moissons, au développement des prairies, des racines et des pommes de terre.

AUTOMNE (septembre, octobre et novembre).

Température moyenne, 10°,05, un peu inférieure à la moyenne normale, 10°,84.

Hauteur d'eau tombée, 199^{mm},2, supérieure à la moyenne normale, 132^{mm},4. Nombre de jours de pluie, 29.

Septembre. Température moyenne, 12°,70, inférieure de 2°,58 à celle normale, 15°,28.

Pendant ce mois, la température a subi un abaissement rapide et considérable surtout à partir du 16; le 22, première gelée blanche.

Les chiffres ci-dessous démontrent combien le mois de septembre a été exceptionnellement froid.

MOIS DE SEPTEMBRE.	1874-75.	1875-76.	1876-77.
Température moyenne........	17.13	14.70	12.70
Maxima moyen..............	23.58	20.40	18.68
Minima moyen..............	9.97	9.41	5.63

9 pluies ont donné 80mm,3 d'eau, au lieu de 35mm,9 année normale. Septembre a donc été pluvieux, sauf du 10 au 20, période pendant laquelle on a pu effectuer dans de bonnes conditions les labours de déchaumage et commencer l'arrachage des betteraves et des pommes de terre.

Octobre. Température moyenne, 9°,54, au lieu de 11,°48. Différence en moins, 1°,94.

Minimum moyen, 3°,38. Période de refroidissement du 17 au 22 avec deux minima de — 6°.

Hauteur d'eau tombée, 41mm,3, au lieude 52mm,8, année moyenne. 7 pluies seulement.

Vents dominants, N. N. E. Mois sec et froid.

Sous l'influence du froid et de la sécheresse persistante jusqu'au 22, les terres fortes sont devenues inattaquables par les instruments aratoires, et les labours d'automne ont été rendus presque impossibles. A partir du 23, les pluies amenées par les vents d'ouest et du S. O. ayant détrempé le sol, on a pu commencer à labourer et terminer l'arrachage des pommes de terre et des betteraves.

Novembre. Temp. moyenne, 7°,92, supérieure de 2°,15 à la moyenne normale, 5°,77.

Minima moyen, 3°,96, plus élevé que celui d'octobre.

4 jours de gelée seulement, avec deux minima ne dépassant pas 1° et 2°.

Oscillations brusques et considérables du baromètre pendant ce mois.

Le 12, hauteur barométrique à 0°		732mm
— 15,	—	765
	Hausse.	33mm

Le 26, hauteur barométrique à 0°		754mm
— 29,	—	729
	Baisse,	25mm

Hauteur d'eau tombée, 77mm,6, au lieu de 43,7, année normale. 13 pluies.

Première quinzaine du mois, chaude, peu humide et très-favorable aux semailles d'automne par suite du bon état des terres.

Deuxième quinzaine, très-humide. Les pluies répétées de cette période détrempent les terres, arrêtent presque complétement les travaux agricoles et font pourrir une certaine quantité de grains de blés déjà semés.

En résumé :

1876-77 a été dans son ensemble une année humide.

L'hiver s'est montré non-seulement très-humide, mais aussi tellement doux qu'il n'a pas été possible de remplir les glacières.

Le printemps a été tout à la fois très-humide et froid, surtout en mars et mai.

L'été a présenté cette curieuse anomalie que le mois le plus sec et le plus chaud de la saison a été *juin*.

Sans cette circonstance, 1877 aurait pu être une année désastreuse au point de vue de la récolte en céréales.

L'automne a été plus froid et plus humide que dans une année normale, septembre surtout s'est montré exceptionnellement froid et il y a eu des gelées précoces non-seulement en octobre, mais même en septembre.

Les chiffres des récoltes obtenues cette année sur le domaine de l'École ont été les suivants :

Seigle	27 hectolitres à l'hectare	
Orge d'hiver	47 —	
Avoine	33 —	
Pommes de terre	166 —	
Betteraves (globe jaune)	50 250 k. —	
Carottes	38 000 —	
Prairies naturelles. Irriguées	1re coupe	6 000 k.
— —	2me —	1 000
Prairies artificielles	1re —	7 367
— —	2me —	2 000

On voit que 1877 a été surtout une année de récoltes fourragères.

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON

CULTURES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES EN 1877

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

Docteur ès sciences, professeur à l'École d'agriculture de Grignon

AVEC LA COLLABORATION DE MM.

Boreau, chef des travaux pratiques,

A. Nantier, chimiste attaché à la station.

Nous rappellerons, en commençant le résumé des cultures du champ d'expériences en 1877, que tous les ans les mêmes parcelles reçoivent les mêmes engrais et portent les mêmes plantes, que par conséquent l'influence spéciale propre à chacune des matières fertilisantes s'accentue de plus en plus chaque année.

Nous rappellerons en outre que nos recherches ont surtout été dirigées dans l'intention de connaître l'influence qu'exercent les matières ulmiques sur le développement des végétaux. Presque tous les physiologistes admettent aujourd'hui que les végétaux sont essentiellement des appareils de réduction, capables de vivre exclusivement de produits saturés d'oxygène comme l'eau, l'acide carbonique, l'acide azotique, auxquels viennent s'ajouter quelques sels oxygénés, des phosphates, des sulfates, et que c'est exclusivement à l'aide de ces matières complétement brûlées que les plantes savent produire toutes les matières combustibles qui forment leurs tissus ou qu'elles sécrètent dans leurs cellules.

Si cette opinion est exacte, les matières ulmiques n'ont dans le sol qu'un rôles econdaire : elles servent à y maintenir une certaine dose d'humidité, elles y produisent de l'acide carbonique utile pour dissoudre quelques sels insolubles dans l'eau pure, et bien que leur disparition complète puisse être désavantageuse, il n'y a pas trop lieu de s'en inquiéter, car les végétaux eux-mêmes laissent dans le sol des débris suffisants pour reconstituer la petite quantité d'humus nécessaire aux fonctions peu importantes que nous venons de signaler.

Quelques personnes, au contraire, le nombre en est restreint aujourd'hui, conservent encore l'idée adoptée autrefois par Th. de Saussure, soutenue également par Mulder, par Soubeiran, par M. Malaguti, et particulièrement par notre excellent ami M. le baron Thenard, et considèrent les matières ulmiques comme les aliments de préférence, sinon de tous les végétaux, au moins d'un certain nombre d'entre eux.

Il nous a semblé que notre mode d'opérer nous permettrait dans un temps donné de résoudre cette question capitale au point de vue physiologique, et de nous prononcer en connaissance de cause sur le mode d'alimentation de quelques végétaux de grande culture ; en effet, si le fumier vaut non-seulement par la petite quantité de matières azotées qu'il renferme, mais aussi par la masse de matières carbonées qui le constitue, la culture à l'aide du fumier doit être plus avantageuse que celle qui n'utilise que les produits chimiques. Si au contraire les plantes vivent exclusivement de produits brûlés, ce sont les nitrates ou encore les sels ammoniacaux mêlés à des quantités convenables de phosphates qui produiront les récoltes les plus abondantes.

Nous ne pouvons encore aujourd'hui répondre d'une façon complète à la question soulevée, il est probable qu'elle ne sera résolue qu'après un nombre d'années d'expériences que nous sommes loin d'avoir atteint; chaque année, en effet, les conditions climatologiques diffèrent, et il faut accumuler les observations pour que cette cause perturbatrice finisse par être éliminée. Mais si la question physiologique est encore indécise, la question agricole est plus avancée, et il est clair que dans les conditions où nous sommes placés à Grignon, l'emploi de doses faibles mais répétées de fumier est plus avantageux que celui des engrais chimiques; c'est au reste ce qui apparaîtra nettement dans les tableaux que nous allons faire passer sous les yeux du lecteur.

§ I. — Culture du maïs fourrage.

L'humidité du printemps et de l'été de 1877 a été éminemment favorable aux cultures fourragères, aussi les parcelles consacrées au maïs ont-elles présenté un aspect des plus brillants, et sans un accident survenu à la fin de juillet, les rendements auraient été encore plus élevés que ceux que nous avons obtenus.

Peut-être le semis, effectué le 3 mai, avait-il été un peu dru; peut-être aussi les plantes, constamment abreuvées par des pluies incessantes, se sont-elles trop allongées; quoi qu'il en soit, nos meilleures parcelles ont versé au commencement d'août et on a été obligé de faucher à cette époque. L'an dernier, au contraire, la récolte n'avait eu lieu qu'en octobre; ainsi en 1876 le maïs a eu deux mois et demi de végétation de plus qu'en 1877, et cependant le rendement a été beaucoup plus considérable cette année que l'année dernière.

Influence du fumier de ferme et des engrais chimiques. — Si nous examinons le tableau n° I, nous voyons, en effet, que sur les quatre carrés qui ont reçu du fumier de ferme, trois ont fourni des rendements qui dépassent cent mille kilos de fourrage vert, les parcelles au fumier de ferme se placent du reste nettement au premier rang, et l'une d'elles fournit un poids de récolte double de celui qu'on a obtenu sans engrais.

Les cinq parcelles qui ont reçu de l'azotate de soude, bien qu'en moyenne inférieures d'un tiers aux précédentes, ont encore donné une très-belle récolte, accusant uue supériorité marquée sur celles qui ont reçu du sulfate d'ammoniaque.

Il est quelquefois difficile, quand on examine des récoltes sur pied, d'apercevoir des différences de rendement que les pesées, après la coupe, montrent cependant être assez considérables; mais ce n'est pas ainsi que les choses se sont présentées en 1877; on n'avait qu'à examiner à quelque distance le champ de maïs fourrage pour voir la supériorité incontestable de l'emploi du fumier de ferme, pour reconnaître ensuite, par la faible hauteur de la parcelle sans engrais, combien cette plante est exigeante. Les cinq carrés qui avaient reçu l'azotate de soude s'élevaient au-dessus de la parcelle sans engrais et dominaient de l'autre côté les parcelles au sulfate d'ammoniaque, qui ne contrastaient que par leur aspect plus foncé, d'un vert plus franc, avec le carré 17 qui n'avait pas reçu d'engrais azoté.

L'expérience se prononce donc avec la plus grande netteté : le maïs fourrage est une de ces plantes qui se développent plus vigoureusement sous l'influence du fumier que sous celle des engrais chimiques, et il convient de rechercher comment on doit expliquer les résultats qu'accusent si nettement les cultures de 1876 et celles de 1877.

TABLEAU I. — CULTURE DU MAÏS FOURRAGE EN 1877.

NUMÉROS DES PARCELLES.	FUMURES DISTRIBUÉES A L'HECTARE.	DÉPENSES PAR HECTARE.	RENDEMENTS A L'HECTARE.
		fr.	kil.
33	20 000 kilos de fumier de ferme.	200	89 500
34	40 000 kilos de fumier de ferme.	400	102 000
35	80 000 kilos de fumier de ferme.	800	108 000
36	80 000 kilos fumier et 1 000 k. de superphosphates.	1000	104 000
37	Sans engrais. — Témoin.	»	54 000
38	400 kilos azotate de soude, en une fois.	128	72 000
39	400 kilos azotate de soude, en quatre fois.	128	76 000
40	400 kilos azotate de soude et 400 de superph., en une fois.	208	78 000
41	400 kilos azotate de soude et 400 de superph., en quatre fois.	208	72 000
42	1 200 kilos azotate de soude, en quatre fois.	384	74 000
43	400 kilos sulfate d'ammoniaque, en une fois.	200	60 000
44	400 kilos sulfate d'ammoniaque, en quatre fois.	200	61 500
45	400 kilos sulfate d'ammon. et 400 de superph., en une fois.	280	62 000
46	400 kilos sulfate d'ammon. et 400 de superphos., en quatre fois.	280	65 000
47	400 kilos superphosphate de chaux, en une fois.	80	58 300
48	1 200 kilos sulfate d'ammoniaque, en quatre fois.	600	65 000

En 1876, nous avions pensé qu'on pouvait attribuer la vigueur plus grande des parcelles qui avaient reçu le fumier de ferme à la propriété qu'il communique au sol, de conserver l'humidité; nous avons reconnu, en effet, par des expériences directes, que la terre mélangée de produits ulmiques retient l'eau pendant plus longtemps, est capable par conséquent de résister plus longtemps à la sécheresse que celle qui a reçu des produits chimiques (1). Pendant une année comme 1876, où le manque de pluie s'est fait cruellement sentir, on comprend que le maïs, qui évapore d'énormes quantités d'eau, ait pu croître plus vigoureusement sur les parcelles où l'eau ne faisait complétement pas défaut que sur celles qui subissaient plus complétement les atteintes de la sécheresse; mais ces considérations ne peuvent être invoquées en 1877, où les pluies de printemps ont été très-fréquentes, ainsi qu'on a pu le voir par le résumé météorologique de MM. Pouriau et Marlin.

On ne saurait expliquer encore les effets médiocrement avantageux des engrais chimiques, en disant que les pluies ont enlevé ces produits solubles, qu'elles les ont entraînés dans le sous-sol, où les racines de maïs n'ont pu aller les prendre; en effet, s'il en était ainsi, on trouverait que les carrés **39** et **41**, qui ont reçu leurs engrais en quatre fois, devraient avoir une supériorité marquée sur **38** et **40**, qui ont reçu leurs engrais dès le début de la végétation; or ce n'est pas ce qui a lieu, car si **39** est légèrement supérieur à **38**, **40** surpasse **41**; enfin, si c'était la disparition de l'azotate de soude, par suite de sa dissolution dans l'eau, qui eût diminué le rendement, **42**, qui en a reçu l'énorme dose d'environ 1 200 kilogrammes à l'hectare, devrait fournir un rendement plus fort que celui qu'on a constaté sur les parcelles qui n'ont eu qu'une dose trois fois plus faible. Or **42** n'a donné que 74000 kilos, plus faible que **39**, qui n'avait reçu que 400 kilos; ainsi cette interprétation ne saurait être admise.

On a remarqué souvent que le sol des parcelles amendées avec des produits chimiques durcit à la surface, et on pourrait peut-être attribuer leur influence peu avantageuse à une mauvaise circulation de l'air dans le sol, empêchant l'oxygène d'arriver jusqu'aux racines; mais s'il en était ainsi pour la culture du maïs, qui couvre complétement la terre et empêche de donner la moindre façon pen-

(1) *Ann. agron.*, t. III, p. 129.

dant plusieurs mois, il en serait tout autrement pour les cultures de pommes de terre et de betteraves, qui sont accessibles, et pendant lesquelles les binages ont été plusieurs fois répétés; or on retrouve dans ces cultures des faits analogues à ceux que nous constatons pour le maïs.

Il semble donc qu'il ne faille pas rejeter sans plus ample examen les idées soutenues par les agronomes dont nous avons rappelé les noms : à savoir que les matières noires servent directement d'aliments à certaines plantes, et que si quelques végétaux, comme le froment, qu'on cultive à Rothamsted depuis plus de trente ans, sur quelques parcelles, exclusivement à l'aide de produits chimiques et qui fournit des rendements aussi élevés que lorsqu'il reçoit du fumier de ferme, peuvent vivre exclusivement de produits brûlés, il en est d'autres pour lesquels ce mode d'alimentation est moins avantageux que celui qui comporte une certaine dose de matières carbonées combustibles.

Influence des phosphates. — On a vu par les chiffres du tableau nº I que les superphosphates ne semblent avoir actuellement aucune influence sur le sol du champ d'expériences : c'est ainsi que **35**, qui n'a pas eu de phosphates, a fourni une récolte légèrement supérieure à **36**, sur lequel les superphosphates ont été répandus avec profusion; c'est ainsi que **40** et **41** sont l'un supérieur, l'autre égal à **39** et **38** qui n'en ont pas reçu, et qu'en somme la différence est bien faible, puisque, si on prend la moyenne, on trouve que sans phosphates on a eu 74 000 kilos de fourrage vert, et qu'avec des phosphates on en a obtenu 75 000. Les différences ne sont pas non plus bien sensibles pour les parcelles au sulfate d'ammoniaque : c'est ainsi que la moyenne de **43** et de **44**, sans phosphates, est de 60 750, tandis que celle de **45** et de **46** est 63 500. Enfin **47**, qui n'a eu que des superphosphates sans engrais azotés, n'est supérieur que de 4 300 kilos à **37**, qui n'a pas eu d'engrais.

Il est probable que, dans quelques années, l'épuisement en phosphates des parcelles cultivées exclusivement avec des engrais azotés, se fera sentir, mais il n'est pas encore sensible aujourd'hui.

Influence des quantités d'engrais employés. — Si, au lieu de nous en tenir à discuter la qualité des aliments à employer pour favoriser le développement du maïs fourrage, nous allons plus loin et nous cherchons à déterminer les poids des divers engrais qui sont le plus avantageux, nous reconnaissons d'abord que les doses énormes sont

évidemment inutiles; c'est ainsi que 80 tonnes de fumier à l'hectare n'ont fourni, pour une dépense double, que 6000 kilos de fourrage vert de plus que la parcelle qui avait été réduite à la dose de 40 000 kilos; et même la différence entre le rendement de **33**, qui n'a eu que 20000 kilos, et celui de **34**, qui en a reçu 40000, n'est pas proportionnelle aux doses répandues, puisque entre ces deux parcelles on compte seulement 13 500 kilos de plus dans un cas que dans l'autre.

Il en est de même pour les engrais chimiques : **42** avec ses 1200 kilos d'azotate de soude n'a pas présenté un rendement beaucoup plus élevé que **38**, qui a eu trois fois moins d'engrais, et a été inférieur à **39**, qui n'a reçu comme **38** que 400 kilos de sel. Enfin **48** est supérieur à **43** et à **44**, mais de 5000 kilos dans un cas, de 3500 dans un autre, ce qui est bien peu pour une dose d'engrais trois fois supérieure.

Comparaison des récoltes de 1876 *et de* 1877. — L'examen du tableau présentant les résultats des deux années montre d'abord que le maïs est une plante très-épuisante; en effet, l'année 1877 a été extrêmement favorable à sa croissance puisque, sous l'influence des engrais, il a fourni en quatre mois une récolte supérieure d'un tiers à celle qu'il avait donnée l'année précédente en six mois, et cependant le témoin est plus faible en 1877 qu'en 1876. Il est probable que cet effet sera encore plus marqué en 1878.

Pendant les deux années, les parcelles au fumier de ferme se placent nettement au premier rang : que l'année soit sèche comme 1876 ou humide comme 1877, le fumier paraît être l'engrais qui convient le mieux à la culture du maïs, et il est remarquable que pendant les deux années ce soit la parcelle qui a eu la plus grosse fumure qui ait donné le plus haut rendement. Il est à remarquer cependant que ces hautes fumures ne sont pas sans inconvénient dans les années humides, puisqu'elles peuvent provoquer une verse prématurée qui empêche de tirer de la récolte tout le parti possible.

L'addition du superphosphate au fumier n'a présenté dans l'une et l'autre année aucun avantage, il est même remarquable que la récolte ait été un peu plus faible que lorsque le fumier a été donné seul.

En 1876, l'ensemble des parcelles qui ont reçu l'azotate de soude est un peu supérieur à celui des carrés auxquels on a distribué du sulfate d'ammoniaque, mais les différences ont été peu considérables;

TABLEAU II. — COMPARAISON DE LA RÉCOLTE DE MAÏS EN 1877 ET EN 1878.

NUMÉROS DES PARCELLES.	ENGRAIS EMPLOYÉS.	POIDS DE LA RÉCOLTE EN VERT.	
		OCTOBRE 1876.	AOUT 1877.
		kil.	kil.
33	20 000 kilos fumier de ferme	69 500	89 500
34	40 000 kilos fumier de ferme	70 500	102 000
35	80 000 kilos fumier de ferme	75 800	108 000
36	80 000 kilos fumier de ferme et 1 000 kilos superphosphates	72 800	104 400
37	Témoin (sans engrais)	59 500	54 400
38	400 kilos azotate de soude distribués en une fois	57 800	72 000
39	400 kilos azotate de soude distribués en quatre fois	55 100	76 000
40	400 kilos azotate de soude et 400 kilos superphosphate, en une fois	56 500	78 000
41	400 kilos azotate de soude et 400 kilos superphosphate, en quatre fois	60 400	72 000
42	1 200 kilos azotate de soude, en une fois	57 000	74 000
43	400 kilos sulfate d'ammoniaque, en une fois	56 400	60 000
44	400 kilos sulfate d'ammoniaque, en quatre fois	56 300	61 500
45	400 kilos sulfate d'ammoniaque et 400 kilos superphosph., en une fois	57 200	62 000
46	400 kilos sulfate d'ammoniaque et 400 kilos superphosph., en quatre fois	56 100	65 000
47	400 kilos superphosphates sans engrais azotés	56 000	58 300
48	1 200 kilos sulfate d'ammoniaque, en quatre fois	50 000	65 000

en effet, les premières donnent en moyenne 57 360 kilos, tandis que les seconds n'en fournissent que 55 200. Mais les différences s'accusent avec beaucoup plus de netteté en 1877, et, contrairement à ce qu'on aurait pu penser, pendant cette année très-humide, l'azotate de soude a montré une supériorité marquée; en effet, on a récolté 74 500 kilos de maïs fourrage sur les parcelles à l'azotate de soude, et seulement 62 700 sur celles qui ont eu du sulfate d'ammoniaque.

L'avantage de distribuer le sulfate d'ammoniaque ou l'azotate de soude en quatre doses, au lieu de le donner en une seule fois, n'est pas sensible; les différences observées sont tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. La dose énorme d'azotate de soude n'a pas été plus efficace en 1877 qu'en 1876; pendant la saison sèche de l'année dernière, les 1 200 kilos de sulfate d'ammoniaque à l'hectare avaient été nuisibles; cette année, ils n'ont pas exercé d'action fâcheuse.

L'addition des superphosphates aux engrais azotés n'a produit qu'un effet des plus faibles pendant les deux années.

En résumé, il suffit de jeter les yeux sur les rendements obtenus en 1876 et en 1877 pour reconnaître que les conditions climatériques ont eu plus d'influence sur la récolte que les engrais qui ont été distribués; l'excès d'humidité est très-favorable à la croissance des plantes herbacées, et il n'est pas douteux que dans les parties de la France, beaucoup trop restreintes malheureusement, où les cultivateurs disposent de l'eau à volonté, ils pourraient obtenir des récoltes de maïs fourrage des plus abondantes; le développement de cette plante est même tellement rapide que dans les contrées méridionales elle pourrait très-bien être placée comme récolte dérobée, après la moisson; mais elle exigera sans doute dans ce cas des fumures abondantes, et comme le fumier est souvent rare dans les exploitations du midi de la France, il faudra avoir recours aux engrais chimiques.

A Grignon, l'azotate de soude a produit de meilleurs effets que le sulfate d'ammoniaque, et les superphosphates ont été sans action; mais il serait imprudent d'affirmer qu'il en serait de même sur des sols différents.

§ 2. — Culture des pommes de terre.

Les tubercules entiers ont été semés au poquet les 19 et 20 avril dans les différentes parcelles amendées comme les années précédentes.

La récolte a eu lieu le 20 octobre. On reconnut immédiatement qu'on avait un bien plus grand nombre de tubercules gâtés que les années précédentes. Pendant les années 1875 et 76, on avait toujours trouvé des tubercules gâtés dans les parcelles fumées au fumier de ferme, mais les carrés qui avaient reçu les engrais chimiques ne donnaient presque que des tubercules sains; il n'en a pas été de même pendant cette année humide de 1877 : il y a eu des pertes sensibles même quand le sol n'a reçu que des sels sans matières organiques; cependant, comme les années précédentes, on trouve en général plus de tubercules gâtés dans les parcelles qui ont reçu le fumier de ferme.

C'est ce dont on jugera facilement en parcourant le tableau n° III, disposé comme ceux des années précédentes.

Influence du fumier et des engrais chimiques. — Si nous comparons les rendements des parcelles qui ont reçu le fumier de ferme, nous constatons que **17**, dont la fumure était seulement de 20 000 kilos, a donné une récolte supérieure à **18**, qui avait reçu 40 000 kilos, et supérieure également à **19** et à **20**, qui avaient eu les fumures excessives de 80 000 kilos.

Quelles conclusions tirer de ces résultats? Est-ce que le fumier donné à très-haute dose pourrait exercer une action fâcheuse comme celle d'un sel soluble, dont l'excès amène la stérilité? Il serait difficile d'admettre une semblable conclusion, car si nous examinons le tableau n° IV, où nous avons réuni les rendements observés en 1875 et en 1876 à ceux de 1877, nous reconnaissons que pendant les deux premières années d'expérience, les rendements en tubercules ont été d'autant plus élevés que les doses de fumier ont été plus fortes; ce qui exclut absolument l'idée que l'excès de fumier de ferme puisse avoir une action toxique.

Il semble que le fâcheux effet des fortes fumures soit particulier à l'année 1877, et comme cette année a été très-humide, qu'il résulte des tableaux donnés par M. Pouriau que la quantité d'eau reçue par les plantes a été de $411^{mm},3$, tandis qu'elle n'avait été que de $301^{mm},9$ en 1875 et de $279^{mm},57$ en 1876, il n'est pas difficile de concevoir que c'est seulement par suite de l'excès d'humidité que les grosses fumures ont produit un effet fâcheux.

Le fumier agit sur la végétation de deux façons différentes : il donne des produits de décomposition plus ou moins complexes qui servent d'éléments aux végétaux, mais, en outre, il agit sur le

TABLEAU III. — CULTURE DES POMMES DE TERRE EN 1877.

NUMÉROS DES PARCELLES	FUMURE DISTRIBUÉE A L'HECTARE	DÉPENSES POUR LES ENGRAIS	TUBERCULES SAINS en hectolitres.	TUBERCULES EN HECTOLITRES Gros.	Petits.	Gâtés.	VALEUR DE LA RÉCOLTE à 4 fr. l'hectolitre.	VALEUR DE LA RÉCOLTE (engrais déduit).	PERTE ou GAIN COMPARÉ au témoin.
		fr.					fr.	fr.	fr.
17	20 000 kilos de fumier de ferme	200	332	312	20	68	1.328	1.128	+ 108
18	40 000 kilos de fumier de ferme	400	300	275	25	32	1.200	800	— 220
19	80 000 kilos de fumier de ferme	800	295	265	30	59	1.180	380	— 640
20	80 000 kilos de fumier + 1 000 kilos superphosphate	1.000	270	245	25	70	1.080	80	— 940
21	Sans engrais. — Témoin	0	255	235	20	50	1.020	1.020	»
22	400 kilos azotate de soude distribués en une fois	128	233	215	18	53	932	804	— 216
23	400 kilos azotate de soude distribués en quatre fois	128	284	262	22	30	1.136	1.008	— 12
24	400 kilos azotate de soude et 400 kilos superphosphate en une fois	208	285	255	30	33	1.140	932	— 88
25	400 kilos azotate de soude et 400 kilos superphosphate en quatre fois	208	340	305	35	45	1.360	1.152	+ 132
26	1 200 kilos azotate de soude distribués en quatre fois	384	282	244	38	35	1.128	744	— 276
27	400 kilos sulfate d'ammoniaque en une seule fois	200	283	253	30	38	1.132	932	— 88
28	400 kilos sulfate d'ammoniaque en quatre fois.	200	277	250	27	30	1.108	908	— 112
29	400 kilos sulfate d'ammoniaque et 400 kilos superphosphate en une fois	280	287	255	32	30	1.148	868	— 152
30	400 kilos sulfate d'ammoniaque et 400 kilos superphosphate en quatre fois	280	280	250	30	32	1.120	840	— 180
31	400 kilos superphosphate sans engrais azotés..	80	275	245	30	30	1.100	1.020	0
32	1 200 kilos sulfate d'ammoniaque en quatre fois.	600	260	225	35	15	1.040	440	— 580

TABLEAU IV. — CULTURE DES POMMES DE TERRE EN 1875, 1876, 1877.

NUMÉROS DES parcelles.	FUMURES DISTRIBUÉES A L'HECTARE.	ANNÉE 1875. — TUBERCULES sains en hectolitres.	ANNÉE 1876. — TUBERCULES sains en hectolitres.	ANNÉE 1877. — TUBERCULES sains en hectolitres.
17	20 000 kilos de fumier de ferme	296	367	332
18	40 000 —	329	395	300
19	80 000 —	348	412	295
20	80 000 — et 1 000 de superphosphates	408	427	270
21	Sans engrais. — Témoin	284	230	255
22	400 kilos azotate de soude distribués en une fois	344	230	233
23	400 kilos azotate de soude distribués en quatre fois	360	295	284
24	400 kilos azotate de soude et 400 de superphosphates, en une fois	369	284	285
25	400 kilos azotate de soude et 400 de superphosphates, en quatre fois.	399	292	340
26	1 200 kilos azotate de soude, en quatre fois	354	255	282
27	400 kilos sulfate d'ammoniaque, en une fois	365	255	283
28	400 kilos sulfate d'ammoniaque, en quatre fois	371	270	277
29	400 kilos sulfate d'ammoniaque et 400 de superphosphates, en une fois.	354	247	287
30	400 kilos sulfate d'ammoniaque et 400 de superphosphates, en quatre fois.	337	227	280
31	400 kilos superphosphate de chaux sans engrais azotés	338	253	275
32	1 200 kilos sulfate d'ammoniaque en quatre fois	330	196	260

sol pour y conserver des quantités d'eau notables. Les expériences que nous avons résumées à la fin de notre travail sur les cultures du champ d'expériences de Grignon en 1876 (1), nous ont fait voir que sous l'influence des matières ulmiques le sol se charge d'une plus grande quantité d'eau, et on conçoit très-bien qu'une plante qui craint l'excès d'humidité ait pu souffrir d'autant plus en 1877, que la terre dans laquelle elle vivait, gorgée d'eau par la pluie, s'asséchait d'autant plus lentement qu'elle était plus chargée de matières ulmiques.

Il faut reconnaître en outre que les grosses fumures ne paraissent pas très-nécessaires à la pomme de terre; en effet, la parcelle sans engrais donne encore 255 hectolitres de tubercules sains, et si nous comparons les chiffres fournis par cette parcelle en 1875, 1876, 1877 (tableau n° IV), nous voyons qu'ils diffèrent peu les uns des autres, ce qui n'annonce pas un épuisement sensible du sol; il semble qu'en comparant ces résultats à ceux qu'a fournis la culture du maïs, on peut en tirer une nouvelle preuve à l'appui des observations des cultivateurs, que le maïs est beaucoup plus épuisant que la pomme de terre.

Influence du mode de distribution de l'engrais. — Les résultats fournis par les parcelles qui ont reçu l'azotate de soude sont assez constants, toutes les parcelles donnent des chiffres voisins de 280 hectolitres, à l'exception de **25**, sur lequel le mélange d'azotate de soude et de superphosphate distribué en quatre fois, a poussé la récolte à 340 hectolitres; c'est le chiffre le plus élevé qu'on ait obtenu en 1877; il est curieux que ce mélange ainsi distribué ait également fourni en 1875 et en 1876 des résultats meilleurs que ceux des autres parcelles. Ainsi, si nous prenons la moyenne des rendements de **22**, **23**, **24** et **26**, nous trouvons des chiffres, pour les trois années, bien inférieurs à ceux de **25**; on en jugera par le tableau suivant :

	1875.	1876.	1877.
Moyenne des parcelles 22, 23, 24, 26.	345	281	271
Rendement de 25..................	399	292	340

Il semble donc que ce procédé de distribution du mélange soit particulièrement avantageux; il est à remarquer, en outre, que pen-

(1) *Annales agronomiques*, t. III, p. 129.

dant les trois années on ait eu plus de tubercules sur **23**, où la distribution est faite en quatre fois, que sur **22**, où la même quantité d'engrais est donnée en une seule dose.

Si nous réunissons les parcelles qui ont reçu l'azotate de soude seul nous trouvons pendant les trois années une moyenne de rendement de 291 hectolitres, tandis que pour les parcelles **24** et **25**, qui ont eu l'azotate de soude mêlé au superphosphate, elle est de 328 hectolitres, supérieure par conséquent, mais d'une quantité médiocre de 37 hectolitres, valant seulement 148 francs, qui payent les 80 francs de superphosphates employés, mais sans laisser un gros bénéfice.

Le grand excès d'azotate de soude n'a pas été avantageux; parmi les cinq parcelles qui ont reçu ce sel, **26**, avec ses 1200 kilos à l'hectare, est l'avant-dernier, en 1877, en 1876 et en 1875.

Pendant cette année 1877, on a obtenu, des parcelles au sulfate d'ammoniaque, des rendements à peu près semblables à ceux qu'ont donnés les carrés à l'azotate de soude; l'addition du superphosphate n'a pas produit grand effet et il a paru plus avantageux de donner les sels d'un seul coup que de les distribuer en quatre fois; la haute dose de sulfate d'ammoniaque a été peu avantageuse.

Résultats économiques des engrais. — Les dernières colonnes du tableau n° III indiquent quelle est la valeur de la récolte obtenue sous l'influence de divers engrais, la somme qui reste entre les mains du cultivateur quand il a prélevé le prix de l'engrais, enfin le gain ou la perte qui a résulté de l'emploi de l'engrais, ce gain ou cette perte, étant obtenue en comparant la valeur de la récolte donnée par chacune des parcelles ayant reçu des engrais au rendement fourni par le carré servant de témoin.

La valeur brute de la récolte est assez élevée, puisque habituellement elle dépasse 1100 francs; et comme, ainsi qu'il a été dit plus haut, les engrais ont produit peu d'effet, il en résulte que la culture de la pomme de terre sans engrais est celle qui est la plus avantageuse à peu d'exceptions près; en effet, si nous examinons la dernière colonne, nous trouvons qu'à l'exception de la parcelle **17**, qui a laissé, toute dépense d'engrais payée, un gain de 108 francs, supérieur à celui qu'a donné le carré sans engrais, et la parcelle **25**, qui a donné un produit net de 112 francs, supérieur à celui du témoin, tous les autres chiffres indiquent des pertes qui sont en général d'autant plus grandes que la dépense d'engrais est plus considérable.

Si ce résultat était particulier à 1877 on pourrait l'attribuer aux conditions climatériques, mais les années 1875 et 1876 ont encore montré que la culture sans engrais, donnait, non pas une récolte brute, mais un produit net supérieur à celui des parcelles qui avaient reçu des engrais, et il semble qu'il en faille déduire que sur une bonne terre, bien préparée, qui a une richesse acquise considérable, il est avantageux de ne faire que peu ou pas de dépenses pour la culture des pommes de terre.

§ 3. — Culture de l'avoine.

Les parcelles destinées à recevoir l'avoine ont reçu les mêmes façons et les mêmes engrais que les années précédentes, le semis des graines a eu lieu le 15 mars, la moisson a été faite le 12 août; mais si l'humidité excessive de la saison 1877 a été favorable au développement des fourrages, elle a nui considérablement, au contraire, aux récoltes de céréales, et les résultats que nous avons à enregistrer cette année sont des plus médiocres; on en jugera par le tableau n° V, qui est disposé comme ceux des années précédentes.

Influence des divers engrais. — Les deux parcelles sans engrais ont fourni des récoltes faibles, 4150 kilos pour **52** et 4300 pour **60**; sur ce poids, la paille forme la plus grosse part, ainsi qu'il arrive souvent pendant les années humides, où la floraison et la fécondation sont contrariées par les pluies. Si on en juge par les analyses insérées au mémoire que nous avons publié, M. Nantier et moi, sur le développement de l'avoine, il est probable que cette paille avait une qualité nutritive exceptionnelle par suite de la grande quantité de matières albuminoïdes qu'elle renfermait.

Les deux parcelles qui ont reçu le fumier de ferme se placent au premier rang, mais celle qui a reçu en outre du phosphate de chaux a donné un rendement en grain supérieur de 10 hectolitres à celle qui n'a eu que le fumier seul; ce rendement de 41^{h},6 est le plus élevé que nous ayons à constater; il est bien inférieur au plus faible de l'an dernier et c'est une preuve nouvelle que si le cultivateur doit mettre toutes les chances de son côté en préparant son sol avec soin, les conditions climatériques, la répartition du soleil et de la pluie ont sur le résultat final une influence décisive devant laquelle il ne peut que s'incliner.

TABLEAU V. — CULTURE DE L'AVOINE EN 1877.

NUMÉROS DES PARCELLES.	FUMIERS DISTRIBUÉS A L'HECTARE.	DÉPENSE D'ENGRAIS.	POIDS de la récolte totale.	POIDS de la paille.	POIDS du grain.	VOLUME du grain à 42 kil. l'hectolitre.	VALEUR DE LA RÉCOLTE paille à 9fr les 100 kil. et grain à 20fr.	VALEUR DE LA RÉCOLTE (engrais déduit).	PERTE OU GAIN comparé au témoin no 53.	PERTE OU GAIN sur le témoin no 60.
		fr.	kil.	kil.	kil.	hect.	fr.	fr.	fr.	fr.
49	10 000 kilos de fumier de ferme......	100	6810	5190	1320	31.4	758. 1	658.10	+ 163.60	+ 144.60
50	10 000 kil. fumier, 200 kil. superphosphate, 100 kilos chlorure de potassium......	176	7200	5450	1750	41.6	840. 5	664.50	+ 170 »	+ 151 »
51	100 kil. azotate de soude, 100 kil. superphosphate en une fois.............	51	5550	4000	1550	36.9	670 »	619 »	+ 124.50	+ 106.50
52	100 kil. azotate de soude, 100 kil. superphosphate, 100 kilos chlorure de potassium en une fois...............	87	5200	3850	1350	32.1	616.50	529.50	+ 35 »	+ 16 »
53	Sans engrais. — Témoin...	»	4150	3050	1100	26.1	494.50	494.50	»	»
54	100 kil. azotate de soude, 100 kilos superphosphate en quatre fois........	51	5200	3950	1250	29.7	605.50	554.50	+ 60 »	+ 41 »
55	100 kilos azotate de soude, 100 kilos superphosphate, 100 kilos chlorure de potassium en quatre fois.............	87	5400	4050	1350	32.1	634.50	547.50	+ 47 »	+ 34 »
56	100 kil. sulfate d'ammoniaque, 100 kilos superphosphate en une fois.........	70	5100	3850	1250	29.7	596.50	526.50	+ 32 »	+ 13 »
57	100 kil. sulfate d'ammoniaque, 100 kilos superphosphate en quatre fois......	70	4900	3650	1250	29.7	578.50	508.50	+ 14 »	— 5 »
58	100 kil. sulfate d'ammoniaque, 100 kilos superphosphate, 100 kilos chlorure de potassium en une fois.............	106	4700	3400	1300	30.9	566.00	460 »	— 34.50	— 53.50
59	100 kil. sulfate d'ammoniaque, 100 kilos superphosphate, 100 kilos chlorure de potassium en quatre fois............	106	4850	3600	1250	29.7	574 »	468 »	— 26.50	— 45.50
60	Sans engrais. — Témoin............	»	4300	3150	1150	27.3	513.50	513.50	»	»

Les quatre parcelles qui ont reçu l'azotate de soude diffèrent peu les unes des autres : les 100 kilos d'azotate et les 100 kilos de superphosphates sans chlorure de potassium distribués en une seule fois sur **51** ont fourni un rendement de 36h,9, supérieur à ceux de **52**, **53** et **54**, mais cette supériorité est peu marquée.

Les quatre parcelles au sulfate d'ammoniaque ont donné des chiffres inférieurs à ceux des carrés qui ont reçu l'azotate de soude; les différences sont peu élevées; elles sont suffisantes cependant pour transformer le gain très-léger qu'accusent les premières, si on compare leurs rendements à ceux des parcelles sans engrais, en pertes, faibles il est vrai.

La parcelle **51** est la seule de toutes celles qui ont reçu les engrais chimiques qui ait donné un gain notable, supérieur même à celui qu'a fourni la parcelle **50**, qui avait reçu le fumier additionné de chlorure de potassium et de superphosphates.

Comparaison des rendements pendant les trois années d'expériences. — Si nous comparons à l'aide du tableau n° VI les résultats des cultures de l'avoine pendant les années 1875, 1876 et 1877, nous en concluons immédiatement que l'influence de la saison est beaucoup plus sensible que celle des engrais : ainsi partout en 1875 la récolte est moyenne, partout en 1876 elle est bonne, partout en 1877 elle est mauvaise.

Les engrais exercent cependant sur l'avoine une action plus marquée que sur les pommes de terre; en effet, tandis qu'en 1875, après la luzerne, les deux témoins se plaçaient au premier rang, avec un rendement de 51 hectolitres, en 1876 avec 53h,3 ils sont au dernier, et en 1877 ils y restent encore avec le faible rendement de 26h,7.

En 1875, la seule parcelle au fumier qu'on puisse compter (**49** ayant eu sa récolte amoindrie par le voisinage d'un arbre) était très-faible; en 1876, les deux parcelles **49** et **50** sont au second rang, très-faiblement dépassées par **54**; enfin, en 1877, elles atteignent le premier rang; mais les différences qu'elles présentent avec les parcelles à l'azotate de soude et au sulfate d'ammoniaque sont encore trop faibles pour qu'on en puisse déduire que les produits ulmiques exercent sur le développement de l'avoine une action décisive.

Influence de la saison. — L'influence de la saison est beaucoup plus sensible sur la quantité de grain récoltée que sur le poids de la paille; c'est ainsi que les différences entre les quantités de paille

TABLEAU VI. — CULTURE DE L'AVOINE.

	FUMURES DISTRIBUÉES A L'HECTARE.	ANNÉE 1875. POIDS de la récolte totale.	POIDS de la paille.	POIDS du grain.	VOLUME DU GRAIN à 48 kil. l'hectolitre.	ANNÉE 1876. POIDS de la récolte totale.	POIDS de la paille.	POIDS du grain.	VOLUME DU GRAIN à 50 kil. l'hectolitre.	ANNÉE 1877. POIDS de la récolte totale.	POIDS de la paille.	POIDS du grain.	VOLUME DU GRAIN à 42 kil. l'hectolitre.
49	10 000 kilos fumier de ferme...........	4200	3200	1000	20.8	9055	5850	3205	64.1	6810	5490	1320	31.4
50	10 000 kilos fumier, 200 kilos superphosphate, 200 kilos chlorure de potassium..............................	6900	4850	2050	42.8	9255	6050	3205	64.1	7200	5450	1750	41.6
51	100 kilos azotate de soude, 100 kil. superphosphate en une fois............	7000	4650	2350	48.9	8005	5000	3005	60.1	5550	4000	1550	36.9
52	100 kilos azotate de soude, 100 kil. superphosphate, 100 kil. chlorure de potassium, distribués en une fois........	6500	4550	1950	40.6	8405	5250	3155	63.1	5200	3850	1350	32.1
53	Sans engrais. — Témoin..............	6950	4600	2350	48.9	6925	4200	2725	54.5	4150	3050	1100	26.1
54	100 kilos azotate de soude, 100 kil. superphosphate en quatre fois..........	6500	4600	1900	39.5	8465	5150	3315	66.3	5200	3950	1250	29.7
55	100 kilos azotate de soude, 100 kilos superphosphate, 100 kilos chlorure de potassium distribués en quatre fois...	6700	4700	2000	41.6	7765	4600	3155	63.1	5400	4050	1350	32.1
56	100 kilos sulfate d'ammoniaque, 100 kil. superphosphate en une fois..........	6900	4600	2300	47.9	7105	4200	2905	58.1	4100	3850	1250	29.7
57	100 kilos sulfate d'ammoniaque, 100 kil. superphosphate en quatre fois........	6850	4350	2500	52.0	7155	4400	2755	55.1	4900	3650	1250	29.7
58	100 kilos sulfate d'ammoniaque, 100 kil. superphosphate, 100 kilos chlorure de potassium en une fois..............	6800	4350	2450	51.0	6825	3950	2875	57.5	4700	3400	1300	30.9
59	100 kilos sulfate d'ammoniaque, 100 kil. superphosphate, 100 kilos chlorure de potassium distribués en quatre fois...	7050	4700	2350	48.9	7205	4600	2605	52.1	4850	3600	1250	29.7
60	Sans engrais. — Témoin.............	7150	4500	2650	55.2	6035	4030	2005	52.1	4300	3150	1150	27.3

récoltées pendant les trois années sont peu sensibles; en effet on obtient, en prenant la moyenne, les chiffres suivants :

1875.................	4.476	kilos de paille à l'hectare.
1876.................	4.765	—
1877.................	3.950	—

Si on compare, au contraire, le poids du grain récolté pendant les trois années (terme de comparaison préférable au volume, puisque le poids de l'hectolitre varie d'une année à l'autre), on trouve des chiffres très-différents.

On a obtenu en effet :

En 1875..............	2.154	kilos de grains à l'hectare.
En 1876..............	2.958	—
En 1877........... ..	1.323	—

C'est-à-dire que la récolte en grains de 1877 est plus faible de moitié que celle de 1876, tandis que pour la paille les différences n'atteignaient pas un quart.

On voit que la saison influe bien davantage sur la formation du grain que sur l'élaboration de la matière végétale totale : les analyses de l'avoine récoltée au champ d'expériences, en 1876 et 1877, que nous avons données récemment dans le mémoire publié avec M. Nantier dans le fascicule de décembre 1877 (1), nous avaient conduits aux mêmes conclusions.

§ 4. — Résumé général des cultures de 1877.

Si nous examinons le tableau nº VII, dans lequel nous avons résumé toutes les récoltes de 1877, en distinguant la nature des engrais qui les ont fournies, nous remarquons que pour les trois cultures, le fumier de ferme se place au premier rang; au second se trouve l'azotate de soude, au troisième le sulfate d'ammoniaque, au quatrième et dernier arrivent enfin les parcelles sans engrais.

Pour le maïs fourrage les différences sont considérables, les parcelles qui ont reçu le fumier de ferme accusent un rendement presque double de celui qu'on trouve pour la terre sans engrais; l'azotate de soude a fourni une récolte qui n'est que les trois quarts

(1) Tome III, p. 481.

de celle qu'a fournie l'engrais de ferme; elle est donc supérieure d'un quart environ à celle qu'on a obtenue sans engrais; quant au sulfate d'ammoniaque, il a donné une récolte qui représente à peu près les trois cinquièmes de celle qu'ont produite les parcelles au fumier de ferme. Sa récolte ne dépasse que de 8000 kil. environ celle qu'on a obtenue sans engrais.

Des trois plantes étudiées, le maïs fourrage paraît être la plus exigeante, puisque en 1877, pendant une année très-favorable, la parcelle sans engrais est déjà très au-dessous de celles qui ont reçu des fumures; c'est un point important à signaler en ce moment où cette culture tend à prendre une grande extension; il est bien probable que les cultivateurs ne tarderont pas à reconnaître que si cette plante, lorsqu'elle est bien ensilée, offre le grand avantage d'assurer aux animaux une nourriture fraîche pendant l'hiver, elle présente d'autre part le grave inconvénient de laisser le sol dans un état qui sera sans doute bien loin d'être favorable aux récoltes de céréales, comme le sont les cultures de trèfle, de luzerne ou de sainfoin.

TABLEAU VII. — MOYENNE DES RENDEMENTS OBTENUS EN 1877.

PLANTES CULTIVÉES	SANS ENGRAIS.	FUMIER de ferme.	AZOTATE de soude.	SULFATE d'ammoniaque.
Maïs fourrage.....	54 000 kilos.	100 875 kilos.	75 200 kilos.	62 300 kilos.
Pommes de terre..	255 hect.	299 hect.	285 hect.	277 hect.
Avoine...........	4 255 kilos.	7 005 kilos.	5 337 kilos.	4 637 kilos.
MOYENNE DES RENDEMENTS OBTENUS EN 1875, 1876, 1877.				
Maïs fourrage (années 1876 et 1877).	56 750 kilos.	86 512 kilos.	66 280 kilos.	64 380 kilos.
Pommes de terre.	256 hect.	356 hect.	307 hect.	288 hect.
Avoine	6 035 kilos.	7 228 kilos.	6 729 kilos.	6 224 kilos.

Les rendements qu'ont fournis les diverses parcelles emblavées en pommes de terre sont peu différents : sous l'influence du fumier de ferme, on a récolté 299 hectolitres et 285 avec l'azotate de soude; il y a donc une faible différence de 14 hectolitres; avec le sulfate

d'ammoniaque, la récolte baisse encore un peu, elle n'est plus que de 277 hectolitres; enfin la parcelle sans engrais la suit de très-près.

On voit que la pomme de terre est au contraire peu exigeante, car après trois années de culture continue, le témoin n'a baissé que très-médiocrement, et ainsi qu'on l'a remarqué plus haut, il y a eu encore un bénéfice évident à cultiver cette plante sans engrais, le supplément de récolte obtenu étant insuffisant pour payer la dépense, bien, nous le répétons, que le témoin ait déjà fourni trois récoltes successives, abondantes toutes les trois.

Si nous passons enfin aux cultures d'avoine, nous trouvons les différences plus sensibles; le fumier de ferme est toujours au premier rang avec une avance marquée sur l'azotate de soude, celui-ci est encore de 1 300 kilos supérieur au sulfate d'ammoniaque, qui ne dépasse que de 400 kilos les parcelles sans fumure.

§ 5. — Résumé général des cultures pendant les trois années d'expériences.

La seconde partie du tableau n° VII donne les résultats obtenus pendant les trois années 1875, 1876 et 1877 pour les pommes de terre et l'avoine, pendant les deux années 1876 et 1877 pour le maïs fourrage.

Les chiffres obtenus pendant des saisons présentant des caractères très-différents ont été fondus ensemble; il semble qu'on en puisse tirer des résultats généraux dans lesquels l'influence de la saison disparaît.

Or il suffit de jeter les yeux sur les nombres que renferme le tableau pour demeurer convaincu que les récoltes ont été plus élevées quand elles se sont développées sous l'influence du fumier de ferme que lorsqu'elles ont été nourries par des produits chimiques. Pour les trois cultures, l'ordre d'efficacité des engrais est le même : le fumier de ferme tient la tête, suivi d'assez loin par l'azotate de soude, qui présente un avantage sensible sur le sulfate d'ammoniaque. Pour le maïs, les rapports sont sensiblement 86, 66, 64, 56; c'est-à-dire que sous l'influence du fumier la récolte est d'un tiers supérieure à celle qu'ont fournie les parcelles sans engrais et que la différence qui existe entre l'azotate de soude et le fumier

étant de 20 000 kilos, elle n'est que de 10 000 kilos entre les parcelles à l'azotate de soude et le témoin.

Les différences entre les diverses parcelles qui ont reçu les pommes de terre sont moindres, les nombres sont dans le rapport de 7, 6, 5. 5 et 5; c'est-à-dire que par leur rendement les parcelles qui ont reçu l'azotate de soude se trouvent placées à peu près à égale distance des carrés au fumier et de la parcelle sans engrais; le sulfate d'ammoniaque est encore intermédiaire entre l'azotate de soude et le témoin.

Enfin, c'est toujours dans le même ordre que se placent les récoltes d'avoine; toujours le fumier de ferme tient la tête, l'azotate de soude est à la seconde place, puis vient le sulfate d'ammoniaque, qui ne surpasse que de bien peu les parcelles sans engrais.

Ne semble-t-il pas qu'on puisse déduire déjà de ces expériences, qu'il y a, dans les circonstances où nous nous trouvons à Grignon, un avantage incontestable à employer le fumier de ferme; cet avantage résulte non-seulement de ce que les rendements qu'il fournit sont plus élevés que ceux qu'on obtient des produits chimiques, il résulte aussi de ce que son prix de revient peut être très-faible, peut même devenir nul, si les spéculations sur les animaux sont bien conduites.

Nous avons compté, dans les tableaux qui ont passé sous les yeux du lecteur, le fumier de ferme à 10 francs la tonne, mais c'est là un prix tout à fait fictif, qui a été établi à Grignon au moment de l'exploitation du domaine par la Société agronomique et qui repose plutôt sur des artifices de comptabilité que sur des faits réels.

Ce n'est pas ici le lieu d'aborder la discussion de cette question complexe, le prix du fumier, mais il suffit d'admettre que c'est un prix variable pouvant s'abaisser beaucoup quand le cultivateur conduit bien l'élevage ou l'engraissement, pour comprendre que son emploi soit plus avantageux que celui des engrais chimiques, qu'il faut toujours payer.

En comparant les résultats obtenus sur les parcelles qui ont reçu les engrais chimiques à ceux que donnent les parcelles sans engrais, on reconnaît que les différences sont insuffisantes pour payer les fortes fumures. Sans doute il peut se trouver que dans des conditions autres que celles où nous sommes à Grignon, il y ait avantage à employer des engrais énergiques et coûteux, mais je ne serais pas étonné cependant qu'aujourd'hui, dans le nord de la France, *les dé-*

penses que font les cultivateurs, en engrais de toute sorte, ne fussent tout à fait exagérées.

Enfin, en laissant de côté la question économique, peut-on déduire de cette supériorité incontestable du fumier sur les autres engrais, que les matières ulmiques servent directement d'aliments aux plantes? Nous n'hésitons pas à avouer que tel est notre sentiment, mais nous reconnaissons également que de nouvelles expériences doivent être exécutées pour que cette opinion soit admise.

Ces expériences sont commencées au laboratoire de culture du Muséum, et j'espère être en mesure de confirmer prochainement les faits observés autrefois par Soubeiran, qui avait nourri avec succès de l'avoine et des haricots dans un sol stérile additionné de sulfate de chaux et de phosphate de chaux, à l'aide d'une dissolution d'ulmate d'ammoniaque; observation contrôlée par le vénérable doyen des chimistes agricoles, M. Malaguti, qui, en 1852, insérait aux *Annales de chimie et de physique* (3e série, tome XXXIV) une expérience sur le cresson développé dans un sol stérile, arrosé ou non avec une dissolution neutre d'ulmate d'ammoniaque, dans laquelle il trouvait pour le poids de la plante sèche 16gr,150 quand elle avait reçu cette dissolution, et seulement 12gr,550 quand elle en avait été privée.

Je crois que c'est seulement à l'aide d'expériences exécutées avec précision sur des plantes de petite dimension, placées dans des conditions bien déterminées, qu'on réussira à élucider cette question, une des plus importantes de la physiologie végétale.

NOTE SUR UNE MALADIE DU TOPINAMBOUR

PAR

M. JOSEPH SAINT-GAL,
Professeur de botanique et de sylviculture à l'école d'agriculture de Grand-Jouan.

Jusqu'à présent le topinambour, *Helianthus tuberosus*, L., n'avait pas encore été signalé comme pouvant être victime d'une maladie quelconque.

D'une très-grande rusticité, car il ne gèle jamais, il possède en outre l'avantage de pousser partout, jusque dans les terres mé-

diocres, presque arides, il n'est enfin la proie d'aucun insecte.

Mais, depuis une quinzaine d'années, à l'école d'agriculture de Grand-Jouan, nous avons pu le voir envahi, trois fois, par un champignon parasite du genre *Sclerotium*.

Nous l'avons vu apparaître notamment, en novembre 1877, après les pluies incessantes du dernier automne, dans un champ de topinambours, en terre légère et sur schiste.

Ce sclérote est, d'après notre détermination, le *sclerotium compactum*, étudié pour la première fois par de Candolle, sur l'*Helianthus annuus*, dont il envahit le réceptacle ou la tige desséchée, et qui fait partie d'un groupe encore peu connu.

Ce champignon n'ayant pas encore été signalé, croyons-nous, sur l'*Helianthus tuberosus*, nous nous empressons de le faire connaître aux botanistes et aux agronomes.

Description. — Le sclérote du topinambour, à l'état adulte, est assez variable de forme et de volume selon le milieu où il végète; c'est qu'on le trouve, en effet, à la surface ou à l'intérieur des tiges, sur les tubercules ou dans leur masse parenchymateuse.

Il prend naissance vers la fin de l'été ou en automne, et on le voit apparaître, tout d'abord, sous l'aspect d'un mycélium blanc et filamenteux; plus tard, sous celui de masses compactes, d'abord blanc jaunâtre, finalement couleur de suie.

C'est surtout la partie inférieure de la tige et la souche elle-même du topinambour qui sont envahies, on en trouve rarement au-dessus de 20 à 30 centimètres à partir du collet de la plante.

Les sclérotes, on le sait, ne sont qu'une forme particulière du mycélium d'un champignon souvent inconnu.

Ce sont des champignons arrêtés dans leur développement, on en connaît qui produisent des agarics, d'autres des clavaires, d'autres des pezizes, etc. (1).

Si l'on soumet le *sclerotium compactum* du topinambour à l'examen microscopique, on voit que le mycélium primitif, alors qu'il est blanc et assez semblable à une moisissure, est formé de filaments anastomosés entre eux, non cloisonnés, et d'un diamètre sensiblement uniforme.

Si l'on prend un mycélium plus âgé, on le trouve formé de fila-

(1) Nous essayons de faire germer quelques-uns de nos sclérotes, mais nous ne réussirons peut-être qu'à l'époque des chaleurs.

ments plus serrés, présentant çà et là des renflements jaunâtres chagrinés et granulés.

Ce mycélium, en se feutrant avec l'âge, finit par former des masses dures, encore blanches ou blanc jaunâtre et compactes, dont l'aspect au microscope est exactement celui des sclérotes adultes. Alors les filaments ne sont plus visibles, ou c'est à peine si on en voit quelques-uns très-courts et chargés de granulations sur l'épiderme du sclérote.

Le sclérote adulte du topinambour, pris sur les tiges ou sur les tubercules, est mamelonné et d'un volume très-variable, avons-nous déjà dit. Sa face interne est concave, et, vue à la loupe, sa surface a l'apparence chagrinée en même temps que la couleur de la truffe noire.

Ceux qui habitent l'intérieur des tiges sont de deux sortes : les uns, subsphériques, à peu près de la grosseur d'une tête d'épingle, rarement plus et transversaux; les autres pouvant mesurer depuis 1 jusqu'à 3 et 4 centimètres de longueur sur 1 à 3 millimètres de diamètre, sensiblement cylindriques et disposés parallèlement aux faisceaux fibro-vasculaires de la plante qui les nourrit. Ces deux formes internes étant placées entre la moelle et le corps ligneux, manquent d'espace pour se développer, et cela explique, croyons-nous, les fortes stries longitudinales qu'ils présentent et qui ne sont que l'empreinte des faisceaux de bois de la tige. Enfin tous ont la cassure blanche et la texture compacte de l'ergot de seigle, qui, on le sait, est un sclérote.

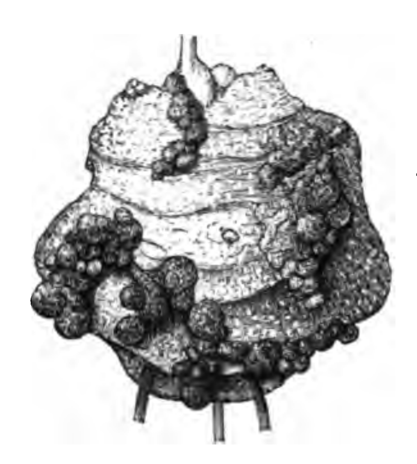
Les tubercules attaqués, ainsi que toute la souche, ne tardent pas à pourrir et à se couvrir de particules terreuses qui s'agglutinent et adhèrent fortement à l'épiderme. Leur pulpe prend une couleur brune bien prononcée. Vue au microscope, chaque cellule paraît envahie par le mycélium filamenteux, elle est plus ou moins sphérique et détachée de ses voisines, ce qui est loin d'être ainsi dans les tubercules sains.

Nous avons représenté ci-joint un tubercule recouverts de sclérotes adultes, de grandeur naturelle.

Les tiges des souches malades sont aussi la proie, lorsqu'elles meurent, de différentes moisissures microscopiques qui forment un feutrage ras, mince, uniforme et d'un noir un peu velouté.

Accidents. — L'ingestion des tubercules malades, par le bétail, n'est peut-être pas sans inconvénients, car nous avons vu des ani-

maux de l'espèce bovine pris de tremblements convulsifs après des repas de topinambours contaminés.



Ces accidents sont-ils dus aux champignons eux-mêmes ou aux tubercules plus ou moins pourris? C'est ce que nos études ne nous permettent pas encore de décider.

MOYENS CURATIFS. — Jusqu'à présent nous n'en connaissons pas, n'ayant encore essayé aucun traitement, mais nous pensons qu'il serait bon de brûler les plantes atteintes, et qu'il faudrait, l'année suivante, ne semer que des tubercules sains.

Nous avons pu remarquer que les parties basses des champs étaient plus endommagées que les hauteurs, et cela semblerait indiquer que l'assainissement peut alors devenir un procédé préventif.

Il serait fâcheux de voir cette plante fourragère et même potagère être atteinte d'une telle maladie, car nous sommes de ceux qui pensent que le topinambour est encore méconnu comme plante industrielle. Depuis longtemps, dans l'ouest de la France, pays où les distilleries de betteraves ont toujours échoué, on aurait dû demander à l'*Helianthus tuberosus* les 8 à 9 0/0 d'alcool que sont susceptibles de donner les hydrates de carbone contenus dans ses tubercules.

ÉTUDE CHIMIQUE DES TOPINAMBOURS ATTEINTS DU SCLEROTIUM

PAR

M. ALBERT ROUSILLE,
Professeur de chimie à l'école d'agriculture de Grand-Jouan.

Le *sclerotium compactum* semblant agir d'une manière fâcheuse sur le bétail, il était intéressant de comparer sa composition à celle de l'ergot de seigle (*sclerotium clavus*). — On ramassa, sur des racines arrachées et à la base d'un assez grand nombre de tiges attaquées, une quantité notable de sclérotes qui furent triés et soumis à un lavage soigné, pour en détacher la terre et les matières organisées étrangères. Le produit, ainsi isolé, fut étendu sur des feuilles de papier joseph et exposé à l'air jusqu'à dessiccation de toute la surface extérieure.

175gr,170 ainsi purifiés furent mis à l'étuve et y séjournèrent jusqu'à cessation de perte de poids, constatée par deux pesées consécutives effectuées à une heure d'intervalle. On reconnut que la matière ainsi exposée à une température maintenue entre 100 et 105 degrés, perd 57,81 pour 100 de son poids. On observa en même temps que le *sclerotium* ainsi desséché développe une odeur de champignon frit, bien caractéristique.

Après cette dessiccation, toute la matière fut réduite en poudre à l'aide d'un moulin.

50gr,699 de matière pulvérisée furent disposés dans l'allonge d'un appareil à déplacement et traités par l'éther jusqu'à épuisement. La distillation de la solution éthérée laissa comme résidu 0gr,633 d'une graisse brune, de consistance butyreuse, douée d'une odeur forte et âcre, fusible vers 35 degrés et solidifiable vers 32 (ces deux points n'ont pu être exactement déterminés à cause de la semi-transparence de la graisse vers 30 degrés), présentant une saveur légèrement aromatique tout d'abord, puis un arrière-goût désagréable.

La matière, épuisée par l'éther, fut, après dessiccation, traitée dans le même appareil par de l'alcool à 90° bouillant, jusqu'à ce que ce liquide passât incolore. La solution obtenue, légèrement colorée en jaune brunâtre, fut soumise à son tour à la distillation, les vapeurs circulant dans un serpentin refroidi avec de l'eau froide. Après

concentration suffisante, le liquide, plus foncé en couleur, fut évaporé à siccité au bain-marie, dans une capsule préalablement tarée. On obtint ainsi une masse brune qui, momentanément pâteuse, se prit rapidement en masse cristalline rayonnée dont le poids, après séjour sous l'acide sulfurique, était de $3^{gr},689$.

Au commencement de la distillation de l'alcool, il s'était dégagé une odeur ammoniacale rappelant celle des ammoniaques composées; à la fin de la distillation, l'alcool présentait une réaction franchement alcaline. A l'aide d'un acide titré (chlorhydrique) étendu, on neutralisa l'alcalinité, ce qui exigea une quantité d'acide suffisante pour saturer $0^{gr},014$ d'azote dans l'ammoniaque. Le chlorhydrate ainsi obtenu cristallisait par évaporation et devenait ensuite fort déliquescent à l'air; décomposé par la potasse, il fournissait un gaz très-soluble dans l'eau, présentant l'odeur de la méthylamine.

La masse cristalline radiée obtenue par évaporation de l'alcool fut redissoute dans de l'alcool bouillant et additionnée d'environ 15 volumes d'eau; il se forma un précipité nuageux qui fut recueilli sur un filtre préalablement taré. Après lavage et dessiccation, son poids fut trouvé de $0^{gr},068$; il était constitué par une matière sans saveur caractérisée, insoluble dans l'eau et l'éther, soluble dans l'alcool à 90°, se déposant après évaporation de ce dissolvant sous forme d'une masse écailleuse.

La matière restée dissoute dans l'alcool étendu fut mise à évaporer dans une grande capsule pour chasser l'alcool et réduire son volume à 200^{cc}. La saveur du liquide était légèrement sucrée. Pour déterminer sa nature, on essaya la liqueur de Fehling sur la solution normale et après traitement, à l'ébullition, par l'acide chlorhydrique; dans les deux cas, en employant un bon excès de solution, on ne put obtenir la réduction de la liqueur cupro-potassique. Ces caractères, joints à la cristallisation radiée du produit, le firent considérer comme étant formé par de la mannite.

La masse successivement épuisée par l'éther et l'alcool fut traitée jusqu'à épuisement par l'eau bouillante. La filtration fut difficile, la matière gommeuse, suffisamment limpide tant que le liquide était chaud, bouchant de plus en plus les pores du filtre à mesure qu'elle se refroidissait; néanmoins, en faisant usage d'un aspirateur mis en communication avec l'une des tubulures d'un flacon bitu-

bulé, sur la seconde tubulure duquel on avait installé l'entonnoir portant le filtre, on parvint en deux jours à filtrer tous les liquides provenant des lavages successifs. Le volume de liquide filtré fut ramené, par évaporation, à un litre. Deux cents centimètres cubes de ce liquide concentré furent évaporés à siccité au bain-marie et laissèrent un résidu de 776 milligrammes.

Une portion du liquide additionnée de cinq volumes d'alcool à 90° abandonna une masse gélatineuse qui, bien lavée à l'alcool, fut reconnue comme étant de la pectine. L'alcool filtré retenait une notable proportion d'une matière dont la nature ne put être exactement reconnue.

La masse successivement épuisée par l'éther, l'alcool et l'eau, mise en digestion avec de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, prit un aspect gélatineux et se dissolvait en quantité d'autant plus considérable que l'ébullition était plus prolongée, l'ébullition amenant la disparition presque complète d'une poudre noire provenant de la pellicule extérieure du *sclerotium*. La solution ainsi obtenue réduisait la liqueur de Fehling, mais le trouble qui prenait naissance restait de couleur jaune rougeâtre et ne se déposait que d'une manière très-incomplète après trois heures de repos.

D'autre part, 2gr,712 de la poudre desséchée furent employés à faire un dosage d'azote par le procédé de Will et Warrentrapp modifié par M. Peligot. On constata ainsi une richesse de 2,247 pour 100 d'azote dans la matière sèche, soit 0,948 dans la matière non desséchée, ce qui correspond à 5gr,925 de matière azotée.

2gr,961 de matière sèche furent également incinérés dans une capsule de platine, le charbon dut être lessivé pour obtenir une cendre bien grise; on obtint ainsi, après évaporation de la solution et calcination, 83 milligrammes de cendre, dont 15 constitués par de la silice anguleuse provenant évidemment de débris terreux, 16 formés de phosphate tricalcique et 52 de sels alcalins solubles, ne contenant pas d'acide phosphorique, mais beaucoup de carbonates et un peu de chlorure.

Enfin 2gr,330 de poudre sèche furent épuisés par des solutions aqueuses bouillantes de potasse contenant 2 pour 100 d'alcali, la matière insoluble, lavée ensuite successivement à l'eau bouillante, à l'alcool et à l'éther, laissa, après dessiccation à 100°, 1gr,343 d'une substance cornée semi-transparente qui abandonna à l'incinération 0gr,020 de cendres.

En résumé, il ressort de ces diverses opérations que la composition immédiate du *sclerotium compactum* récemment extrait des tubercules ou de l'intérieur du bas des tiges, est représentée par :

Humidité	57.81
Matière grasse soluble dans l'éther	0.52
Résine	0.06
Mannite et matière colorante	3.01
Matière azotée calculée en méthylamine	0.03
Matières solubles dans l'eau (pectine, etc.)	3.23
Matière azotée (moins l'ammoniaque composée)	5.87
Cendres (la silice anguleuse défalquée)	0.05
Fungine	24.36
Pectose et divers non déterminés	5.06

Cette composition s'éloigne considérablement de celle qui est donnée pour le *sclerotium clavus*, inscrite ci-dessous, d'après l'officine de Dorvault :

Huile grasse	35.00
Substance grasse cristalline	1.05
Cérine	0.76
Ergotine (résine)	1.25
Osmazôme (matière azotée)	7.76
Mannite	1.55
Matières gommeuses extractive et colorante	2.23
Albumine	1.46
Fongine	46.19
Phosphate de potasse	4.42
Chaux	0.29
Silice	0.14
Total	102.10

Comme complément à l'étude chimique, on fit prendre successivement à une poule, le premier jour, 1^{gr},600 de poudre sèche incorporée dans de la pâte de farine de sarrasin ; le second jour, 3^{gr},500 de la même poudre dans la même préparation ; le troisième jour, 3 grammes de *sclerotium* entier, desséché simplement à l'air ; l'animal n'en fut nullement incommodé, ce qui ferait croire que le *sclerotium* est absolument inoffensif pour les gallinacés, et que peut-être les désordres observés chez les animaux de l'espèce bovine seraient dus à la matière même du topinambour altéré.

RECHERCHES SUR LES BETTERAVES A SUCRE

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN,

Docteur ès sciences, Professeur à l'école de Grignon.

QUATRIÈME ANNÉE D'OBSERVATIONS

1877.

Les recherches que nous avons entreprises avec la précieuse collaboration de M. Frémy en 1874 et en 1875, et que nous avons continuées seul depuis, ont particulièrement porté cette année sur la comparaison entre deux variétés bien nettement déterminées, les betteraves à collet rose et les racines améliorées par M. Vilmorin.

§ Ier. — De l'influence des engrais sur les betteraves maintenues à de faibles distances.

J'ai pu, l'an dernier, grâce à l'obligeance de M. H. Vilmorin, qui avait bien voulu faire cultiver à Verrières des betteraves de diverses races à des écartements variés, reconnaître, après plusieurs observateurs et notamment M. Pagnoul, l'influence considérable qu'exerce la distance à laquelle sont maintenues les racines, sur leur richesse en sucre et sur le rendement à l'hectare.

Nous avons vu (1) que des betteraves à collet rose, assez serrées pour se trouver au nombre de douze au mètre carré, conservent, même pendant une année peu favorable, comme 1876, une richesse suffisante pour être parfaitement acceptées par les sucreries; mais les betteraves de Verrières n'avaient reçu qu'une médiocre fumure : que serait-il arrivé si, au contraire, elles avaient été soumises aux fumures excessives que donnent parfois les cultivateurs qui cherchent à atteindre les forts rendements? L'excès d'engrais tend à diminuer la richesse saccharine; le rapprochement tend au contraire à l'augmenter : quelle est celle des deux influences qui sera prédominante? C'était à l'expérience à prononcer.

Nos essais de 1877 ont eu particulièrement pour but d'étudier

(1) *Annales agronomiques*, t. III, p. 84.

cette question : les betteraves maintenues en lignes serrées peuvent-elles supporter de fortes fumures sans perdre leur richesse saccharine?

Toutes les parcelles de notre champ d'expériences de Grignon, ont reçu les mêmes engrais que l'an dernier, mais elles ont été divisées en deux parties : l'une a reçu des betteraves améliorées, l'autre des betteraves à collet rose; elles ont été placées en ligne, au plantoir, à 40 centimètres et à 25 centimètres dans la ligne.

On a donné le plus grand soin aux façons, on a semé de nouveau dans tous les points où les vers blancs avaient fait des ravages; la parcelle qui a reçu la haute dose de sulfate d'ammoniaque a dû être semée une seconde fois presque entièrement, tant les manques dus à l'action corrosive de l'engrais ont été considérables (1).

Les tableaux I et II donnent les résultats obtenus en 1877.

Ils comprennent dans leurs diverses colonnes : le numéro des parcelles, la fumure distribuée à l'hectare, le poids des feuilles au moment de l'arrachage, le poids des racines, les rapports entre le poids des racines et celui des feuilles, le poids moyen de la racine, la densité du jus, le sucre pour 100 de jus, le coefficient de pureté, enfin le sucre produit à l'hectare.

Quelques-uns des nombres contenus dans les tableaux n'exigent aucune explication, mais il n'en est pas de même pour quelques autres. Nous insisterons surtout sur la méthode suivie pour déterminer le sucre contenu dans les racines d'une parcelle : détermination toujours très-difficile et quelquefois impossible, quand, par suite d'une levée irrégulière, les betteraves sont diversement espacées et atteignent des grosseurs très-inégales.

Comme la richesse en sucre des racines varie avec leur grosseur, qu'en général les grosses betteraves sont pauvres, les petites plus riches, on s'est efforcé d'analyser des racines qui eussent à peu près le poids moyen de celles qui couvraient la parcelle..

Après que les betteraves ont été arrachées et pesées, on a prélevé dans le tas de chacune des parcelles un lot de vingt betteraves représentant autant que possible la moyenne générale; on a pu ainsi calculer le poids moyen des betteraves. On a pris alors deux lots de cinq betteraves chacun, qu'on choisissait de façon que leur poids s'écartât le moins possible du poids moyen des racines

(1) Nous avons signalé dès nos premières recherches l'influence fâcheuse du sulfate d'ammoniaque sur la levée des betteraves. (*Annales agronomiques*, t. Ier, p. 16, 1875.)

TABLEAU I. — BETTERAVES VILMORIN 1877.

Nos	FUMURE DISTRIBUÉE A L'HECTARE.	POIDS des feuilles.	POIDS des racines.	Rapport du poids des racines au poids des feuilles.	POIDS moyen de la racine.	DENSITÉ du jus.	SUCRE pour % de jus.	COEFFICIENT de pureté.	SUCRE produit à l'hectare.
		kilos.	kilos.		gr.				kilos.
1	20 000 kilos fumier	32600	47000	1.44	823	1081	17.42	0.81	8187
2	40 000 —	24400	44200	1.81	819	1082	17.51	0.81	7739
3	80 000 —	32400	44800	1.38	844	1081	17.87	0.82	8005
4	....	.....	.....	....	...	....	.....	....	....
5	Témoin	19800	30600	1.54	450	1084	19.24	0.86	5687
6	400 azotate de soude 1 fois	27400	37400	1.36	695	1085	19.33	0.86	7159
7	400 id. 4 fois	24800	36000	1.45	504	1081	17.25	0.80	6210
8	400 id. / 400 superphosphate } 1 fois	27600	35200	1.27	499	1077	16.69	0.83	5874
9	400 azotate de soude / 400 superphosphate } 4 fois	29200	39000	1.33	666	1076	16.40	0.82	6396
10	1200 azotate de soude	34200	29800	0.80	684	1077	15.74	0.77	4646
11	400 sulfate d'ammoniaque 1 fois	36600	29600	0.97	689	1081	18.18	0.84	5381
12	400 id. 4 fois	28000	27400	1.14	563	1078	16.58	0.79	4542
13	400 id. / 400 superphosphate } 1 fois	26600	30400	1.07	548	1076	17.48	0.88	5313
14	400 sulfate d'ammoniaque / 400 superphosphate } 4 fois	28200	30200	1.97	494	1079	17.49	0.84	5281
15	400 superphosphate	19400	28600	1.47	383	1085	18.82	0.85	5382
16	1200 sulfate d'ammoniaque	18200	20000	1.09	256	1076	16.29	0.82	3258

(1) On n'a pas compté les chiffres de la parcelle 4, sur laquelle on a pris pendant la campagne beaucoup d'échantillons.

TABLEAU II. — BETTERAVES A COLLETS ROSES 1877.

Nos	FUMURE DISTRIBUÉE A L'HECTARE.	POIDS des feuilles.	POIDS des racines.	Rapport du poids des racines au poids des feuilles.	POIDS moyen de la racine.	DENSITÉ du jus.	SUCRE pour % de jus.	COEFFICIENT de pureté.	SUCRE produit à l'hectare.
		kilos.	kilos.		gr.				kilos.
1	20 000 kilos fumier	26000	71000	2.73	1076	1.066	13.27	0.80	9421
2	40 000 —	26200	71800	2.74	889	1.067	13.90	0.80	9980
3	80 000 —	29800	69600	2.33	920	1.070	14.60	0.83	10161
4	.....	.....	.....	....	...	.....	.....	....	....
5	Témoin	15200	46600	3.06	596	1.076	16.24	0.83	7567
6	400 azotate de soude 1 fois	22000	56400	2.60	618	1.072	15.35	0.80	8657
7	400 id. 4 fois	22800	59400	2.60	798	1.063	13.15	0.78	7811
8	400 id. / 400 superphosphate } 1 fois	21600	54400	2.51	993	1.062.5	13.05	0.73	7099
9	400 azotate de soude / 400 superphosphate } 4 fois	22200	56200	2.53	1031	1.061	12.54	0.78	7047
10	1200 azotate de soude 4 fois	29000	57400	1.94	1049	1.054	9.97	0.67	5722
11	400 sulfate d'ammoniaque 1 fois	18200	57600	2.16	635	1.069	14.56	0.80	8386
12	400 id. 4 fois	19000	35600	1.87	729	1.067	14.59	0.80	5194
13	400 id. / 400 superphosphate } 1 fois	20800	56800	2.70	643	1.068	15.12	0.84	8588
14	400 sulfate d'ammoniaque. / 400 superphosphate } 4 fois	22000	46400	2.10	696	1.067	14.87	0.84	6899
15	400 superphosphate	14400	39400	2.72	683	1.074	16.80	0.80	6619
16	1200 sulfate d'ammoniaque	24200	37200	1.53	503	1.063	13.38	0.79	6697

(1) On n'a pas compté les chiffres de la parcelle 4, sur laquelle on a pris beaucoup d'échantillons pendant la durée de la campagne.

de la parcelle, et on réussissait, après quelques tâtonnements, à avoir un poids total qui faisait sensiblement cinq fois le poids moyen d'une racine.

On râpait les betteraves de ces deux lots et on obtenait deux jus qui, après avoir été convenablement éclaircis par le sous-acétate de plomb, étaient analysés séparément. On a pris les nombres qu'ont donnés les indications du saccharimètre Laurent sans procéder à l'inversion.

Les deux chiffres trouvés étaient enfin fondus en un seul qui représentait la richesse des betteraves de la parcelle (1).

Pour avoir le poids du sucre de la parcelle, on a multiplié le poids des betteraves par la richesse saccharine du jus.

Enfin on a obtenu le coefficient de pureté en divisant le chiffre représentant le sucre contenu dans le jus, par les deux derniers chiffres de la densité multipliés par 0,263 $C = \frac{S}{D \times 0.263}$.

Influence sur la richesse saccharine. — L'influence fâcheuse de l'engrais azoté sur la richesse saccharine est nettement indiquée dans les deux cultures.

Ainsi les betteraves à collet rose, cultivées sans engrais, atteignent 16,24 et 16,80 de sucre; avec du fumier ou les fumures ordinaires

(1) Nous donnerons comme exemple du procédé la prise d'échantillons des betteraves à collet rose, n° 9.

Les vingt betteraves ont donné comme poids moyen 1131.7.

Les cinq betteraves du premier lot ont donné un poids moyen de 1131 grammes.

Les cinq du second lot, 1132 grammes.

Le poids moyen était donc 1131.5, ne différant que de 0gr,2 du poids moyen général.

L'analyse a donné les nombres suivants :

PREMIER LOT	
Densité	1062
Sucre p. 100 de jus	12.59
Coefficient de pureté	$0.79 = \frac{12.59}{62 \times 0.263}$
DEUXIÈME LOT.	
Densité	1061
Sucre p. 100 de jus	12.50
Coefficient de pureté	0.77
MOYENNE.	
Densité	1061.5
Sucre p. 100 de jus	12.54
Coefficient de pureté	0.78

(2) Voyez pour le calcul relatif à cette détermination le mémoire de M. Durin. (*Ann. agronom.*, t. Ier, p. 282, 1875.)

d'azotate de soude, elles tombent à des chiffres de 13 et de 14 pour 100; mais la fumure excessive de 1200 kilos les fait descendre à 9,97, c'est-à-dire à un chiffre très-faible pour une année favorable comme 1877.

Le sulfate d'ammoniaque donne des betteraves à 15 p. 100, et quand il a été employé à très-forte dose, les racines ne renferment plus que 13,38 p. 100 de sucre.

Pendant une année excellente comme 1877, l'excès de fumure est donc capable de faire baisser énormément la richesse saccharine des betteraves maintenues très-serrées; il est certain que pendant une mauvaise année, les racines qui ont reçu 1200 kilos d'azotate de soude seraient tombées à des chiffres trop faibles pour être achetées par une sucrerie; toutefois il importe de remarquer que la fumure employée a été énorme et telle qu'on ne la donnera jamais, et, en outre, que les betteraves qui ont reçu 400 kilos d'azotate de soude ou 80000 kilos de fumier sont restées à 13 ou 14 p. 100, de telle sorte qu'on peut supposer que, pendant une mauvaise année, elles auraient donné encore 10 à 11 p. 100 de sucre, c'est-à-dire la quantité exigible.

Il faudra, au reste, encore plusieurs années d'observations dans des conditions climatériques variées pour affirmer que les betteraves à collet rose conservent une richesse suffisante quand elles sont cultivées en lignes serrées et qu'elles reçoivent une forte fumure. Ce que les observations de 1877 permettent de conclure, c'est que pendant une saison favorable, les collets roses cultivées à petites distances atteignent une richesse remarquable malgré de fortes fumures.

Les betteraves Vilmorin ont résisté cette année à l'influence fâcheuse des engrais azotés comme les années précédentes, et même, après avoir reçu 1200 kilos d'azotate de soude, elles contiennent encore 16,40 p. 100 de sucre. Quand les doses d'engrais ont été moindres, les richesses saccharines ont été plus grandes; enfin sur le témoin, elles ont atteint le chiffre exceptionnel de 19,24 p. 100 de sucre.

Les résultats constatés sont donc en général d'accord avec ce que nous avons donné les années précédentes; nous ne voyons de difficultés que pour expliquer les richesses exceptionnelles de la parcelle **6**, voisine du témoin, qui a fourni des racines à 15,84 p. 100 de sucre pour les collets roses et à 19,33 pour les améliorées, tandis que la parcelle **7**, qui avait eu la même dose d'engrais, n'a donné que des racines à 13,15 dans un cas, et à 17,25 dans l'autre.

A quelle cause attribuer ce résultat ?

Peut-on admettre qu'un sel soluble comme l'azotate de soude, qui n'est pas retenu par la terre arable, puisse se *diffuser horizontalement*, puisse rayonner du point où il est le plus abondant vers une parcelle voisine qui en est privée, et que la parcelle qui l'a reçu, voisine du témoin qui n'avait aucun engrais, appauvrie par ce départ, ait porté des betteraves plus riches que celles qu'on y aurait recueillies si elle avait conservé sa fumure complète ?

Il est bien difficile d'affirmer que ce soit la cause du fait observé, car le départ de l'engrais azoté, sa diffusion dans le sens horizontal aurait sans doute fait baisser la récolte en poids ; or nous voyons que la parcelle 6 a donné un rendement en collets roses et en améliorées peu différent de la parcelle 7, qui a eu la même dose d'engrais. Nous devons donc nous contenter d'enregistrer le fait, attendant que d'autres observations analogues nous permettent de l'interpréter avec certitude.

Si nous rassemblons en trois groupes les betteraves ayant reçu les trois espèces d'engrais azotés, nous trouvons les chiffres suivants :

	Fumier de ferme.	Azotate de soude.	Sulfate d'ammoniaque.
Collets roses	13.92	12.81	14.50
Vilmorins	17.36	17.08	16.16

Les différences sont peu considérables ; les racines qui ont reçu l'azotate de soude sont plus pauvres que celles qui ont eu le sulfate d'ammoniaque, car dans la moyenne entre la parcelle 10, dont les betteraves n'accusaient que 9,97 p. 100 de sucre ; mais il faut bien remarquer que jamais on n'emploie la dose exagérée d'engrais qu'elle a reçue et qui n'a été donnée, que pour suivre l'effet d'une fumure excessive. Si on reste dans les limites que ne franchit pas la pratique agricole, c'est-à-dire si on ne fait entrer dans le calcul que les quatre parcelles qui ont reçu 400 kilos d'azotate de soude, on arrive au chiffre 13,51. Si enfin on prend la moyenne des deux chiffres trouvés pour les collets roses et les améliorées, en supposant qu'ils représentent l'effet des divers engrais azotés sur des betteraves appartenant à une race moyenne, on trouve des chiffres analogues à ceux que donnent le fumier et le sulfate d'ammoniaque :

Fumier de ferme	15.69
Azotate de soude	15.29
Sulfate d'ammoniaque	15.30

C'est-à-dire que, contrairement à l'opinion émise par d'autres observateurs, nous constatons une fois de plus que la forme sous laquelle l'engrais azoté est donné est à peu près indifférente, quant à l'effet qu'il exerce sur la richesse en sucre des betteraves.

Quant aux phosphates, ils n'exercent sur le sol de notre champ d'expériences aucune influence sur la richesse saccharine des betteraves.

De l'influence des engrais sur le rendement en poids. — Si nous examinons les tableaux I et II, nous reconnaissons d'abord que les rendements les plus élevés ont été fournis par les parcelles qui ont reçu le fumier de ferme, et que la dose la plus modérée est celle qui a été la plus avantageuse. Nous avons déjà discuté, au sujet de la culture des pommes de terre (1), sur la double influence que peut avoir le fumier : qu'il fournisse soit directement par les matières solubles qu'il renferme, soit par les produits de décomposition que donnent ces matières, un aliment puissant pour la plupart des espèces végétales, le fait n'est pas douteux; mais, en outre, le fumier modifie la constitution physique du sol, il le rend plus poreux, plus apte à retenir l'humidité, et cela en raison de son abondance même.

Quand l'année est sèche, cette faculté qu'ont les sols bien fumés de retenir l'eau est très-avantageuse, mais elle présente au contraire des inconvénients pendant les années humides, et c'est à l'excès d'humidité retenue dans le sol que nous attribuons la diminution de récolte sur les parcelles qui ont eu les poids de fumier les plus élevés.

La parcelle sans engrais commence à baisser, la récolte qu'elle fournit est plus faible que celle que donnent les carrés qui ont reçu de l'azotate de soude, dont les rendements sont peu différents les uns des autres. On remarque que le mode de distribution de l'engrais et l'addition du superphosphate n'ont eu qu'une faible influence, le grand excès d'azotate de soude n'a pas augmenté la récolte.

Toutes les parcelles qui ont reçu du sulfate d'ammoniaque ont donné une récolte plus faible que celles qui ont eu de l'azotate de soude; la distribution du sel ammoniacal en quatre fois paraît avoir eu une action fâcheuse, car les deux parcelles qui ont eu le sulfate d'ammoniaque en une seule dose ont donné un rendement supérieur à celui des parcelles qui l'ont reçu en quatre fois; dans un cas

(1) Voyez page 108.

même (tableau n° I, parcelle 13), cette récolte a été extrêmement faible. Quant au carré qui a été amendé avec 1200 kilos de sulfate d'ammoniaque, il a fallu, ainsi que nous l'avons dit, y repiquer des betteraves à plusieurs reprises, et nous avons cru d'abord qu'il n'y aurait aucune récolte.

La parcelle qui n'a eu que des superphosphates a donné pour les collets roses un rendement inférieur au témoin, et pour les améliorées un chiffre à peu près semblable; les phosphates n'exercent donc aucune influence avantageuse sur le sol du champ d'expériences.

§ II. — Influence de la saison.

L'année 1877 a fourni des betteraves d'une richesse exceptionnelle, les betteraves à collet rose ont donné 13, 14, 15 et 16 pour 100 de sucre, tandis que les années précédentes, les chiffres étaient beaucoup plus faibles.

Les betteraves de la race améliorée de M. Vilmorin ont donné à Grignon, 17, 18, et 19 pour 100 de sucre, enfin parmi quelques betteraves que M. H. Vilmorin a bien voulu nous envoyer, nous avons constaté la richesse tout à fait exceptionnelle de 22 pour 100 pour une racine de 589 grammes : c'est le chiffre le plus élevé que nous ayons jamais observé; l'an dernier, les betteraves Vilmorin améliorées, cultivées à Grignon, avaient donné au maximum 14,5 pour 100 de sucre dans la parcelle sans engrais, et en général les chiffres étaient restés bien plus bas, entre 12 et 10 pour 100.

En 1875, nous n'avions pas semé à Grignon de betteraves améliorées, mais des collets roses dont la graine nous avait été fournie par la sucrerie de Chavenay; notre culture avait été très-irrégulière par suite des manques qui s'étaient produits, mais en général les betteraves étaient très-pauvres.

Comme les engrais distribués en 1875, en 1876 et en 1877 ont été les mêmes, que les cultures ont eu lieu sur les mêmes parcelles, que, par suite, la nature du sol et son exposition sont constantes, les grandes variations de richesse qu'ont présentées les racines ne peuvent être attribuées qu'aux conditions climatériques sous l'influence desquelles les racines se sont développées.

Nous avons relevé sur les registres météorologiques de Grignon la moyenne des températures et des quantités d'eau tombées pen-

dant le dernier mois de végétation des betteraves, c'est-à-dire du 15 septembre au 15 octobre pendant les trois années 1875, 1876, 1877, et nous avons obtenu les résultats suivants :

Années.	Température moyenne du 15 sept. au 15 octobre.	Hauteur de pluie en millimètres du 15 sept. au 15 octobre.	Observations.
1875	14°,8	67mm,27	Betteraves pauvres.
1876	15°,2	55mm,12	Betteraves pauvres.
1877	10°,7	11mm,47	Betteraves riches.

Nous arrivons donc à cette conclusion : la richesse des betteraves a coïncidé avec une basse température et une sécheresse presque complète, pendant le dernier mois de végétation, c'est-à-dire avec les conditions qui déterminent un arrêt de développement, et c'est, en effet, très-probablement parce que la betterave a cessé de végéter un mois avant l'arrachage, qu'elle a conservé une richesse exceptionnelle.

On sait que les jeunes feuilles qui partent du collet à l'arrière-saison se forment aux dépens du sucre emmagasiné dans la racine, et que leur apparition est toujours la cause d'une diminution considérable de richesse ; c'est ce que M. Corenwinder a très-bien observé dans ses expériences d'effeuillage et dans l'étude qu'il a faite des betteraves végétant en silos. C'est ce que nous avons vérifié de nouveau pendant cet hiver, en repiquant des betteraves dans les serres du Jardin des plantes ; analysées lorsqu'elles ont été couvertes de jeunes feuilles, elles accusaient une perte de sucre de 2 pour 100 environ. Cette cause de perte a été évitée cette année, et les betteraves ont conservé une richesse exceptionnelle.

§ III. — Du poids des feuilles dans les betteraves Vilmorin et dans les betteraves à collet rose.

Si nous examinons dans les tableaux I et II le poids des feuilles récolté sur chaque parcelle au moment de l'arrachage, nous voyons que le poids de feuilles que présentent les betteraves Vilmorin est supérieur à celui qu'on constate sur les collets roses ; le rapport entre le poids des racines et celui des feuilles, qui est inséré à la troisième colonne, est représenté pour les collets roses par un chiffre généralement supérieur à 2, tandis qu'il n'atteint jamais 2 pour les améliorées et reste parfois au-dessous de 1.

Il est donc évident que les betteraves Vilmorin, qui présentent une richesse centésimale supérieure aux collets roses, portent aussi un poids de feuilles plus élevé; c'est bien ce que nous avons déjà observé l'an dernier; mais nous avions remarqué en outre qu'en général les betteraves les plus riches en sucre étaient celles qui portaient le plus de feuilles : nous ne retrouvons pas cette année ce rapport simple entre le poids des feuilles et la richesse saccharine des betteraves. En effet, il est arrivé plusieurs fois que les racines les plus riches ne portaient au moment de l'arrachage qu'un poids de feuilles peu considérable : ainsi pour les collets roses, les racines qui n'ont pas eu d'engrais renferment 16,24 p. 100 de sucre, or le rapport des racines aux feuilles est 3,06, c'est le plus grand qu'on constate dans la série; au contraire les betteraves les plus pauvres sont celles qui ont eu 1200 kilos d'azotate de soude, le rapport des racines aux feuilles est 1,94, très-faible comme on voit.

Il n'en est pas tout à fait de même pour les Vilmorins, mais cependant nous trouvons encore que les betteraves les plus pauvres sont celles qui ont eu 1200 kilos d'azotate de soude; elles ne renferment que 15,74 p. 100 de sucre et le rapport des racines aux feuilles est 0,80.

Ainsi il n'y a pas de rapport simple entre le poids des feuilles au moment de l'arrachage et la richesse saccharine des betteraves; il n'y en a pas non plus entre le poids des feuilles et la quantité de sucre élaborée; en effet, les Vilmorins portent plus de feuilles que les collets roses, et cependant elles n'élaborent qu'une quantité de sucre plus faible que les collets roses, ainsi qu'on peut le voir dans la dernière colonne des tableaux I et II.

Toutefois, avant d'abandonner cette étude comparée des feuilles dans les deux variétés, il faut remarquer que les nombres précédents ne s'appliquent qu'aux feuilles qui étaient encore adhérentes aux racines au moment de l'arrachage, et que si on avait tenu compte des feuilles tombées pendant la durée de la végétation, on aurait peut-être obtenu des résultats complétement différents; c'est pour répondre à cette objection que nous avons prélevé dans notre champ d'expériences du Muséum des échantillons depuis le mois de juillet jusqu'à la fin de septembre; chaque semaine on a pesé séparément les feuilles et les racines d'un certain nombre de pieds.

On a reconnu, comme tous les observateurs qui se sont occupés du développement de la betterave, que le poids des feuilles est d'abord

bien supérieur à celui des racines : au moment des premières observations, le 13 juillet, on trouve que pour un kilogramme de racines les collets roses portent 2 771 grammes de feuilles, le rapport va en diminuant, et c'est seulement au milieu du mois d'août que les proportions changent et que le poids des racines devient supérieur à celui des feuilles.

Il n'en est pas de même pour les améliorées, le poids des feuilles reste très-longtemps supérieur à celui des racines; ce n'est que tout à fait à la fin du mois de septembre que le rapport change, de telle sorte que si au moment de la récolte les Vilmorins portent plus de feuilles que les collets roses, c'est surtout parce que chez celles-ci les feuilles tombent plus vite que chez celles-là. Et en effet, en calculant d'après les nombreuses pesées exécutées le poids des feuilles qui correspond à un pied pendant toute la saison, on le trouve à peu près égal pour les deux variétés.

Il restait enfin à reconnaître si les feuilles appartenant aux deux variétés présentaient des compositions très-dissemblables, et nous avons analysé un certain nombre d'échantillons prélevés soit dans le jardin du Muséum, soit dans le champ d'expériences de Grignon.

On s'est attaché à doser la matière soluble dans l'éther, l'amidon, le sucre et le glucose; les analyses ont porté sur la matière sèche, elles ont été conduites par les procédés indiqués dans le mémoire que nous avons inséré récemment dans ce recueil, M. Nantier et moi (1).

Ce qui frappe d'abord à l'inspection du tableau ci-joint, c'est la similitude de composition des feuilles appartenant aux collets roses et aux améliorées; presque à toutes les époques, la composition est la même, on ne trouve de différences bien sensibles que le 19 septembre, mais dans toutes les autres prises d'échantillons les résultats sont presque identiques.

Si nous examinons les jeunes feuilles du 29 juin, récoltées au champ d'expériences de Grignon, nous trouvons qu'elles renferment une proportion notable de matière soluble dans l'éther, presque pas d'amidon, très-peu de sucre et une quantité de glucose assez forte.

Dans les différents essais que nous avons faits cette année, nous n'avons jamais trouvé de lévulose dans les sucres contenus dans les

(1) *Annales agronomiques*, t. III, p. 481.

les feuilles de betteraves; le glucose que nous y avons trouvé était toujours du glucose droit, nous n'avons jamais pu constater avec certitude la présence du lévulose.

TABLEAU III. — ANALYSES DE FEUILLES DE BETTERAVES.

DATE de la prise d'échantillons.	VARIÉTÉ à laquelle appartiennent les feuilles.	Chlorophylle.	AMIDON.	SUCRE.	GLUCOSE.	LIEUX de provenance.
29 juin......	Collets roses.	5.35	traces.	0.27	2.94	Grignon.
	Améliorées. .	5.83	traces.	0.21	2.73	
16 juillet....	Collets roses.	3.05	1.88	1.52	2.30	Grignon.
	Améliorées. .	4.60	2.70	1.32	2.63	
27 août.....	Collets roses.	2.95	2.12	7.54	6.42	Grignon.
	Améliorées. .	3.39	2.22	6.74	6.25	
5 septembre.	Collets roses.	6.00	1.22	0.60	2.46	Muséum.
	Améliorées. .	6.20	1.38	0.90	2.50	
19 septembre.	Collets roses.	2.77	3.09	0.23	2.20	Muséum.
	Améliorées. .	1.94	3.71	1.62	1.41	
26 septembre.	Collets roses.	2.20	4.56	0.70	2.47	Muséum.
	Améliorées. .	2.46	4.15	0.61	2.20	
27 octobre...	Collets roses.	1.26	3.20	0.97	1.76	Grignon.
	Améliorées. .	1.36	3.42	0.18	1.49	

En 15 jours, les feuilles de betteraves changent beaucoup de composition : le 16 juillet, elles renferment moins de chlorophylle, un peu d'amidon, un peu de sucre de canne, mais la proportion de glucose est restée la même, elle a plutôt un peu diminué; le 27 août nous trouvons un changement remarquable, la chlorophylle a diminué, l'amidon a peu varié, mais la feuille renferme une quantité notable de sucre de canne supérieure à celle de glucose qu'on y rencontre, qui est également considérable. Les chiffres trouvés ne doivent pas cependant faire illusion, ils se rapportent à la matière sèche, qui n'est que 12 pour 100 du poids total des feuilles, en réalité les feuilles normales renfermaient pour 100 parties 0,90 et 0,80 de sucre, 0,77 et 0,75 de glucose; comme à ce

moment les racines renfermaient 11 pour 100 de sucre, on voit combien la racine est plus sucrée que la feuille.

L'analyse du 5 septembre a porté sur des feuilles recueillies au Muséum, elle diffère énormément de la précédente : la chlorophylle est très-abondante, l'amidon y est en minime proportion, ainsi que le sucre de canne, mais le glucose y atteint son chiffre ordinaire de 2 pour 100; cette analyse se rapproche de celle du 29 juin, comme si elle se rapportait surtout à des feuilles récemment développées.

Dans les dernières analyses, l'amidon s'élève un peu, atteint son maximum le 26 septembre, puis redescend à la dernière prise d'échantillon, le 27 octobre, à ce qu'il était le 19 septembre; le sucre de canne reste toujours très-faible, le glucose persiste jusqu'à la dernière analyse où il atteint le chiffre le plus faible que nous ayons trouvé pour les collets roses, un peu supérieur, pour les améliorées, à ce qu'il était le 19 septembre.

Ainsi les feuilles de collets roses ne diffèrent pas par leur composition des feuilles des améliorées.

En résumé, on voit que de la comparaison entre les Vilmorins et les collets roses, on peut conclure :

1° Si le poids des feuilles des betteraves améliorées est supérieur à celui des collets roses au moment de l'arrachage, le poids moyen des feuilles pendant la durée de la végétation est à peu près le même, et par suite il n'y a pas de relations simples entre le poids des feuilles et la richesse saccharine des betteraves.

2° Il n'y a pas non plus de rapports simples entre le poids des feuilles que portent les racines développées sur une surface donnée et la quantité de sucre totale que renferment ces racines.

3° La composition des feuilles de betteraves améliorées est analogue à celle des feuilles de betteraves à collet rose.

4° La différence essentielle qui existe entre ces deux variétés réside, comme nous l'avons vu l'an dernier, dans la structure même de la racine et dans le développement qu'y présentent le tissu cellulaire et le tissu fibro-vasculaire.

LES SABLES CALCAIRES DU DÉPARTEMENT DU FINISTÈRE

PAR

M. E. PHILIPPAR,

Directeur du laboratoire départemental et de la station agronomique du Lézardeau (Finistère).

Le littoral du Finistère se distingue au point de vue cultural des autres parties du département par une végétation beaucoup plus riche et un rendement plus élevé des cultures de toutes sortes, plus spécialement des céréales. L'abondance et la proximité de tous les engrais marins sont les causes bien connues de cette différence, grâce à laquelle la Bretagne a pu constituer sa *ceinture dorée.*

Parmi les éléments utilisés avantageusement par l'agriculture de ces régions, on distingue les sables calcaires, qui permettent d'apporter abondamment et économiquement le carbonate de chaux, dont l'absence presque complète dans les terres constitue leur plus grand défaut. Les sables calcaires, qui sont formés par des débris de coquilles transportées par les eaux et les vents, sont mélangés de débris organiques provenant ordinairement de la décomposition des goëmons, et des débris minéraux parmi lesquels la silice est quelquefois assez abondante. Ces sables, ou matières minérales pulvérisées, sont plus ou moins gros; en certains endroits, ils sont fins et mélangés de vase, comme les tangues; ailleurs, ils sont plus gros avec débris de coquilles; enfin, en d'autres endroits, ce sont des madrépores ou coraux, que la drague va arracher sur les fonds marins.

C'est surtout la proportion relative de carbonate de chaux et de silice qui fixe la valeur agricole de ces sables. Le littoral possède des gisements très-nombreux, très-importants en certains points, présentant des richesses très-diverses; si on remarque que les cultivateurs ont à leur portée, souvent à peu près à la même distance, plusieurs points facilement abordables pour eux, on voit qu'il est très-important, pour fixer leur choix, de leur fournir l'élément d'appréciation qui leur manque.

La silice est inerte, inutile à transporter, le phosphate de chaux est en quantités très-faibles, ainsi que l'ont démontré nombre d'analyses; l'élément calcaire est donc le principe important. Ces sables

sont quelquefois transportés à de grandes distances, atteignant plus de 30 kilomètres; il ne faut donc pas que de pareils frais grèvent des matières n'ayant aucune valeur fertilisante. Les différences sont très-grandes, comme on le verra ci-après : les sables, selon leur provenance, renferment depuis 0 jusqu'à 95 et 98 pour 100 de carbonate de chaux, et il est évident, qu'à distances égales, les plus riches doivent être préférés.

Un grand nombre d'analyses de ces sables ont indiqué que les chlorures, sulfates et phosphates, seules matières solubles dans l'eau ou les acides, en dehors du carbonate de chaux, se trouvent dans les sables en quantités nulles ou très-faibles; il y a lieu d'en conclure, dès lors, que la totalité de la chaux qu'on y rencontre s'y trouve combinée à l'acide carbonique. Le procédé adopté pour le dosage du carbonate de chaux a été basé sur ces remarques, et, au lieu de doser l'acide carbonique, il a été procédé au dosage de la chaux à l'état d'oxalate. Cette méthode analytique, permettant d'apprécier la chaux, matière réellement utile et importante à doser, nous a semblé présenter, en cette circonstance, plus de garanties d'exactitude pour les indications à en déduire.

Depuis trois ans que fonctionne le laboratoire départemental de chimie agricole du Finistère, j'ai eu l'occasion d'analyser un grand nombre de ces sables calcaires provenant de tous les points du département et envoyés par les comices, sociétés d'agriculture, propriétaires ou agriculteurs. Il m'a semblé utile et intéressant de réunir les analyses donnant la composition de ces sables et de les présenter dans un tableau comparatif, groupés par arrondissement, avec les quelques détails que j'ai pu me procurer sur leur provenance, leur éloignement, etc. (1).

La proportion d'eau que renferment ces sables, et qui n'est pas rapportée ci-dessus, est variable, surtout selon les conditions dans lesquelles se fait l'extraction. Les sables pris à marée basse sont naturellement bien plus humides et plus lourds, par conséquent, que ceux déposés depuis un certain temps et desséchés par l'air et les vents. Les sables les plus secs renferment 0,50 pour 100 en poids d'eau, les plus mouillés jusqu'à 20 pour 100, et la quantité moyenne, se rencontrant le plus souvent, est de 2 à 3 pour 100 de leur poids d'eau.

Je dois exprimer ici tous mes remercîments à M. Leizour, préparateur de la station, qui m'a aidé dans ces analyses, et puissamment aussi pour recueillir les échantillons et les détails les concernant.

Pour fixer par des chiffres les idées à ce sujet, je citerai l'exemple suivant : le même sable calcaire, échantillon dont il sera parlé plus longuement ci-après, pris au lieu dit les Grands Sables, près Quimperlé, pèse :

Sable humide pris à marée basse aussitôt après le retrait de la mer,	2080 gr. le litre.
Sable séché à l'air, tel qu'il existe sur les parties hautes de la plage,	1745 gr. le litre.
Ce qui donne en faveur de ce dernier une différence de	335 gr. par litre.

Soit 335 kilogrammes par mètre cube transporté.

D'après ce chiffre, on voit combien il est important de constater non-seulement la richesse comparative en carbonate de chaux du gisement exploité, mais encore son état de siccité.

Les points de dépôts, et, par suite, d'extraction de sables calcaires sont très-nombreux, et on constate de très-grandes différences de richesse en carbonate de chaux, non-seulement pour les divers points, mais encore sur une même plage. De là, comme je le disais ci-dessus, un embarras réel pour les cultivateurs désireux de choisir au mieux de leurs intérêts.

L'un des gisements de ce genre les plus intéressants, sans contredit, du département du Finistère, est celui dit des Grands Sables, situé près de l'embouchure de la rivière l'Isole, à 20 kilomètres environ de Quimperlé. Les eaux et les vents ont accumulé en cet endroit de véritables montagnes de sable calcaire, s'étendant en couches plus ou moins épaisses, variant, selon les points, de 2^m à 10^m de hauteur, s'étendant sur plus d'un kilomètre et constituant des millions de mètres cubes d'amendements calcaires. Ces masses de sable sont très-curieuses, et très-visitées à ce titre par les touristes, mais elles le sont aussi, à un point de vue plus sérieux, par les agriculteurs, qui utilisent ces éléments calcaires pour la fertilisation de leurs terres.

Désireux d'éclairer l'arrondissement de Quimperlé sur la richesse des différents gisements de ce sable et sur l'avis de la Société d'agriculture de cet arrondissement, j'ai recueilli un certain nombre d'échantillons prélevés avec soin sur les points les plus fréquentés, et je donne ci-après le tableau de leur composition. Il est évident que ce qui a été fait sur la partie du littoral que nous avons explorée pourrait l'être pour les autres départements où se rencontrent des calcaires marins utilisables par l'agriculture.

SABLES CALCAIRES DU DÉPARTEMENT DU FINISTÈRE

COMPOSITION CENTÉSIMALE À L'ÉTAT SEC.

Numéros des sables de la collection.	DÉSIGNATION DES LIEUX DE PROVENANCE.	Matières organiques.	Matières insolubles.	Carbonate de chaux.	Sels solubles dosés par différence.	OBSERVATIONS COMPLÉMENTAIRES.
	ARRONDISSEMENT DE BREST.					
37	Sable calcaire de Tréshyre, 12 kilomètres ouest de Brest	»	61.750	34.935	3.315	Ne se vend pas.
38	— de Lochrist, 25 kilomètres de Brest	»	14.750	82.371	2.879	Vendu sur place 2 francs le m³.
39	— de la pointe Saint-Matthieu, 23 kilomètres de Brest	»	11.400	86.823	1.777	— 2 fr. 50 le m³.
40	— du Conquet, 23 kilomètres de Brest	»	16.000	83.050	0.950	— 2 francs le m³.
41	— du Minou, 15 kilomètres de Brest	»	23.500	76.205	0.295	Ne se vend pas.
42	— de Lochrist (2e baie), 24 kilomètres de Brest	»	19 500	79.830	0.670	Vendu 1 fr. 50 le m³.
123	— de la commune de Landeda, grands sables de l'embouchure de la rivière de l'Aber-Vrach, hors la baie	»	77.500	21.235	1.265	
124	Tangue de l'Aber-Vrach, très-employée après fermentation	4.250	95.750	traces.	»	
125	Sable calcaire du port de Plouguerneau (Paluden Abervrach)	»	99.800	»	0.200	
126	— de la grande baie de Kervini, en Plouguerneau	»	99.900	»	0.100	
127	— de la baie Blanche, dune de Plouguerneau	»	78.650	19.350	2 »	
128	— du port Blanc, bords de l'eau, près Plouguerneau	»	87.000	11.980	1.020	
129	— du canal de Gorréou, en Plouguerneau	»	99.985	»	0.015	
130	— de Vougué, baie de Guisseny, dunes	»	92.050	7.870	0.080	
131	— du bourg de Guisseny, grève de Kerlouan (immergé à marée haute)	»	57.500	42.420	0.080	Pris en grande quantité par les cultivateurs éloignés.
132	Sable calcaire du moulin de Confond, à 1 kilomètre de la mer, sur le canal de l'Errel, entre Guisseny et Kerlouan	»	85.050	13.700	1.250	
133	Sable calcaire de la grande baie de Goulven, employé comme engrais après décomposition (très-estimé)	1.540	56.850	41.540	0.070	
134	Sable calcaire de la grande baie de Goulven, la plus fréquentée des habitants du Léon	»	29.850	67.810	2.340	
195	Sable calcaire de Trez-en-ar-Badou (exploité par charrettes)	»	76.910	11.280	11.810	
196	— des dunes du grand sablon, en Ploumoguer, près la batterie.	»	99.007	»	0.993	
197	— du haut de la grève du blanc sablon, en Ploumoguer, sous la batterie (exploité)	»	95.080	4.749	0.171	
198	Sable calcaire de Pors doux immergé, Porspoder, exploité pour les environs.	»	85.100	9.069	5.831	

199	Sable calcaire des dunes de Pors doux, Porspoder, exploité	»	89.450	9.810	0.740	
200	— de Bolon, immergé, Porspoder, exploité	»	85.140	9.220	5.640	
201	— de Aber Benoît, Trez en Vern blanc, exploité par bateaux	»	73.860	26.002	0.138	
202	— de Porsmoguer, dunes, Ploumoguer et Plouarzel, exploité	»	96.730	2.671	0.599	
203	— de la baie de Ploumoguer, immergé à marée basse	»	92.080	7.781	0.139	
204	— de Penfoul, rivière, immergé, commune de Landunvez, fortement exploité	»	72.580	15.549	11.871	
205	Sable calcaire de Pors Joignen, en Plouarzel, exploité	»	88.960	10.097	0.943	
206	— de la grande baie de Ploudalmézeau, dunes exploitées	»	73.900	24.975	1.125	
220	— du Port Blanc, grande baie de Lampol, Ploudalmézeau	»	81.400	18.090	0.510	
221	— de Penfoul, grève de Landunvez	»	74.000	25.884	0.116	
222	— de la grande baie de Ploudalmézeau (1/2 marée)	»	42.150	42.500	15.350	
223	— de Trez-en-a-Besque (Aberbenoît)	»	76.150	23.002	0.848	
224	— de la grève de Tréglonou	»	83.750	16.002	0.248	
225	— de la baie de Tréziers, en Plouarzel	»	96.100	3.422	0.478	
226	— du Gorêt en Saint-Pabu	»	70.850	29.100	0 050	
227	— de la grande baie de Lampol, Ploudalmézeau dunes	»	68.550	22.480	8.970	
228	— des dunes de Porsguen, en Lampol Plouarzel	»	77.500	22.120	0.380	
229	— de la baie de Porsal, en Kersaint	»	68.750	31.030	0.220	
230	— des dunes de Kersaint	»	62.750	20.892	16.358	
232	— de Porsmoguer (immergé), en Ploumoguer	»	97.500	2.175	0.325	
233	— de la grande grève de Ploudalmézeau, exploité	»	100	traces.	»	
234	— du Minou, près Brest	»	23.500	76.205	0.295	
382	— de l'île d'Ouessant	»	50.260	48 800	0.940	
	ARRONDISSEMENT DE MORLAIX.					
135 bis	Sable calcaire de la baie de Kernic, en Tréflez	»	36 »	62.060	1.940	Très-exploité.
135	— de la baie de Plouescat	»	35.000	64.730	0.270	Très-estimé.
136	— de Toul-an-Ouche, entre Sautec et Plougoulm	»	39.800	56.700	3.500	
137	— blanc des dunes de Sautec, commune de Saint-Pol	»	33.500	66.250	0.250	
138	— noir des dunes de Sautec (commune de Saint-Pol), plus estimé que le blanc	»	99.875	»	0.125	
139	Sable calcaire noir de Roscoff (employé comme engrais après fermentation)	»	99 »	»	1.000	
140	— du haut du grand banc, île de Batz, débarqué à Morlaix	»	52.250	43.880	3.870	
141	— de l'île de Batz, grand banc au nord, —	»	67.000	31.500	1.500	Le plus estimé, après celui de Pontcrôme.
142	— des Mottes, Château du Taureau, —	1.050	42.350	55.650	0.950	Peu estimé.
143	— de Scoën-Carantec, —	»	99.660	»	0.340	
144	— de Pontcrôme-Carantec, —	1.650	35.750	61.780	0.820	
145	— de Carantec-Frouette, —	2.340	97.500	»	0.160	
146	Maerl de Dayet-Plougasnou, —	0.500	97.000	traces.	2.500	

Numéros des sables de la collection.	DÉSIGNATION DES LIEUX DE PROVENANCE.	Matières organiques.	Matières insolubles.	Carbonate de chaux.	Sels solubles dosés par différence.	OBSERVATIONS COMPLÉMENTAIRES.
147	Maerl de Bézénémou-Carantec, débarqué à Morlaix	»	15.750	75.350	8.900	Riche en magnésie.
148	Maerl nouveau de Toul-an-Honé-our-Carantec, île Callot	»	21.250	77.747	1.003	Difficile à draguer.
149	Maerl de Carant Penalan, débarqué à Morlaix	»	22.250	73.980	3.770	Riche en magnésie.
150	Maerl du Château du Taureau, Plouézoch, débarqué à Morlaix	»	29.250	69.013	1.737	
292	Sable calcaire de la grève de Plougoulm, près Saint-Pol de Léon	»	18.500	81.480	0.020	
293	— de Sieck —	»	25.360	59.786	14.854	
	ARRONDISSEMENT DE CHÂTEAULIN.					
212	Maerl de la baie de Daoulas, amené par bateaux au quai de Châteaulin	»	13 »	78.740	8.260	
278	Sable calcaire de Pentrez (pris à mi-marée), situé sur la lieue de grève (fond de la baie de Douarnenez)	»	38.460	60.417	1.123	Distance de Châteaulin, 16 kil.
279	Sable calcaire de Lestrévet (pris à mi-marée), situé sur la lieue de grève (fond de la baie de Douarnenez)	»	20.910	76.802	2.258	Distance de Châteaulin, 14 kilomètres.
280	Sable calcaire de la pleine mer de la lieue de grève	»	71.860	26.372	1.768	
346	— de la grève de Sainte-Anne la Palue, anse de Tréfentec, près Plonévez-Porzai	»	67.740	29.044	3.216	Partie haute de la grève.
347	Sable calcaire de la grève de Sainte-Anne la Palue, anse de Tréfentec, près Plonévez-Porzai	»	71.180	22.661	6.159	Partie basse.
348	Sable calcaire de la grève de Sainte-Anne la Palue, anse de Tréfentec, près Plonévez-Porzai	»	74.000	25.345	0.655	Partie moyenne.
391	Sable calcaire de Morgat Crozon	»	52.970	42.241	3.969	Phosphate de chaux, 0.820.
	ARRONDISSEMENT DE QUIMPER.					
65	Sable calcaire de Plomœur, près Pont-l'Abbé	»	34.900	60.380	4.720	
66	— de Loctudy, —	»	81.400	14.796	3.804	
93	— de la baie de Bénodet, amené par bateaux à Quimper	9.560	53.000	36.580	0.860	
94	— des paluds de Plomœur et Saint-Jean Trolimont	»	37.460	60.471	2.069	
95	— de la baie de Douarnenez	»	51.680	30.000	18.320	
98	— de Pont-Croix	»	56.350	43.120	0.530	
108	— blanc de Tréboul, commune de Poullan, près Douarnenez	»	69.400	30.140	0.460	

109	Sable calcaire de Pouldreuzic et de Penhars, commune de Plogastel, baie d'Audierne	»	50.300	49.320	0.380	
155	Maerl dragué dans la baie de Concarneau, amené par bateaux à Quimper.	»	4 »	91.961	4.039	
170	Maerl des îles Glénan	»	9.250	86.858	3.892	
185	Sable calcaire de la pointe de Trévignon, commune de Trégunc	»	63.500	33.428	3.072	
186	— Bec Hardiguet —	»	43.050	55.535	1.415	
187	— de la Pointe de la Jument, — (Bec-ar-Gazec).	»	17.100	70.040	12.860	
189	— de Scheele près Kerjean, —	»	42.600	28.598	28.802	
261	— de Plogonnec, pris à Kerstrat, anse d'Arvechen	»	43.180	55.608	1.212	
294	— de la grève de la forêt Fouesnant	»	99.540	»	0.460	
328	— de la palud de Kerbascol, commune de Saint-Jean Trolimont, canton de Plogastel, Saint-Germain	»	64.000	36.000	»	Sable très-employé, la route étant en très-bon état d'entretien; il est distant de 10 kilom. environ du suivant.
329	Sable calcaire gris, pris à marée basse, grève de Penhors, commune de Pouldreuzic, canton de Plogastel Saint-Germain	»	40.000	60.000	»	
4	Maerl des îles Glénan et de la baie de Concarneau	»	9.500	71.000	19.500	Dragué dans la baie et amené par bateaux sur le quai de Quimper.
	ARRONDISSEMENT DE QUIMPERLÉ.					
43	Sable calcaire jaune de Port Manec, embouchure de la rivière l'Aven	»	27.750	70.725	1.525	
44	— gris de Rosbras, près Pont Aven, 2 kilomètres de l'embouchure de la rivière	»	41 »	57.880	1.120	Remonté par bateaux.
269	Sable calcaire gris de Rosbras près Pont Aven, autre échantillon	»	39 »	60.850	0.150	
47	— de Pouldu, embouchure de la rivière de Quimperlé	»	15.150	81.857	2.993	
110	— des Grands Sables, près Clohars, bord de la plage	»	30.000	69.870	0.130	Très-exploités par voitures et bateaux.
111	— — partie haute de la grève	»	43.100	56.270	0.630	
167	— de Poulguen, dans la rivière de Pont Aven	»	27.750	71.240	1.010	
209	— de Bélon, près Riec, pris par bateaux sur les bancs du bas de la rivière	»	22.480	76.089	1.431	
210	Sable calcaire de la Porte Neuve près Riec, pris à marée basse avec charrettes.	»	24.960	73.760	1.280	
211	— de l'anse de Bélon, près Riec, bord de la plage, partie basse.	»	13.500	86.370	0.130	
298	— de Pouldu, fort bloqué, côte de Guidel	»	58.180	40.346	1.474	
270	— de la rivière de Pont Aven (partie moyenne)	»	60.500	39.397	0.043	

Nota. Points d'extraction les plus fréquentés : Nos 1, 4, 9, 12 et 13.

Nous constatons ici un minimum de 52 et un maximum de 78 pour 100 de carbonate de chaux, soit, pour une même plage, une variation de 16 pour 100, ce qui confirme ce que j'ai dit précédemment.

J'ajouterai les détails suivants concernant le transport et l'emploi de ces sables.

Il résulte d'un très-grand nombre d'analyses que leur richesse moyenne en carbonate de chaux est d'environ 70 pour 100. Les agriculteurs vont les chercher à temps perdu avec leurs attelages, ou bien les achètent sur le quai de Quimperlé où ils sont amenés par bateaux, leur prix est de 4 francs le mètre cube.

Quelquefois les sables sont employés seuls, mais l'expérience a démontré qu'il était préférable de les mélanger au fumier et dans des proportions qui sont très-variables selon les localités, la nature des sables et celle des fumiers et des terres.

La proportion la plus rationnelle semble être de 1/10 de sable calcaire ; cette proportion est souvent dépassée dans les mélanges, qui se font d'ailleurs sans base certaine ; mais les applications sont alors moins fréquentes.

La question agricole qui se trouve posée est celle-ci : Est-il préférable d'employer la chaux ou le sable calcaire ?

Le sable calcaire agit lentement, mais son action a plus de durée ; celle-ci dépend surtout de la dose appliquée, de la nature des terres, du genre de cultures et de récoltes. Au point de vue physique, le sable calcaire peut exercer une action avantageuse en modifiant des terres compactes, argileuses ; mais au point de vue chimique, l'action de la chaux serait préférable dans ces terres pour aider à la transformation des engrais. Les terres granitiques et légères d'une grande partie de la Bretagne n'ont nul besoin de son action physique. La principale raison de son emploi, c'est qu'étant à proximité, il n'exige aucun déboursé. Indépendamment de la richesse en carbonate de chaux, l'état du sable calcaire paraît influer sur son action plus ou moins lente ou vive. Les sables très-pulvérulents se dissolvent et disparaissent assez vite ; on conçoit, en effet, que de petites molécules soient plus vite dissoutes que celles qui présentent un volume considérable.

Les sables calcaires peuvent être appliqués, sans inconvénient, directement sur les terres, mais leur action est analogue à celle de tous les engrais minéraux et ne doit pas dispenser de l'emploi des

SABLES CALCAIRES PRIS AUX GRANDS SABLES, PRÈS QUIMPERLÉ,

ET ANALYSÉS, EN DÉCEMBRE 1877, AU LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL DE CHIMIE AGRICOLE DU LÉZARDEAU.

COMPOSITION CENTÉSIMALE ÉTAT NORMAL.			PROVENANCE D'EXTRACTION.	COMPOSITION DE 100 PARTIES SÈCHES.		
Eau.	Matières sèches.	Numéros des échantillons.		Silice et matières insolubles.	Carbonate de chaux.	Sols solubles divers.
19.450	80.550	1	Partie basse de la plage, en son milieu, à marée basse	24.360	74.800	0.840
3.787	96.213	2	Partie basse de la côte, au bas du chemin d'arrivée	44.000	55.600	0.400
4.275	95.725	3	Même endroit, partie haute, contre l'accotement du chemin	47.000	52.740	0.260
3.816	96.184	4	Partie basse de la montagne de sable. — Surface	29.480	68.800	1.720
6.250	93.750	5	— 0m,40 de profondeur	21.080	78.217	0.703
4.316	95.684	6	Montagne de sable à mi-hauteur. — Surface	33.800	65.815	0.385
4.224	95.776	7	— plateau supérieur, partie haute, côté de la mer	28.200	71.700	0.100
3.300	96.700	8	Près le promontoire séparant l'anse des Grands Sables de celle de Bellangenêt	28 920	68.400	2.680
3.960	96.040	9	Montagne de sable, plateaux supérieurs à droite de la route de Bellangenêt, côté des terres	27.800	70.520	1.680
2.960	97.040	10	Montagne de sable, partie élevée du même monticule de sable	28.200	52.280	19.520
2.040	97.960	11	Gisement situé à l'ouest et derrière la maison Mauduit (partie basse)	29.000	69.200	1.800
2.580	97.420	12	— — (partie haute)	23.840	74.240	1.920
2.080	97.920	13	Même gisement, à proximité de la route d'arrivée N. N. O., maison Mauduit	29.600	68.800	1.600

engrais animaux : le défaut d'observation de cette règle, bien connue déjà pour la chaux, a amené des mécomptes semblables. Il est bon de noter en passant que, exceptionnellement, certains sables contiennent de petites quantités de phosphate de chaux. Tel est, par exemple, le sable de Pont Aven, que l'analyse a démontré contenir 0,13 pour 100 d'acide phosphorique; mais c'est là une exception. L'emploi se fait à raison de 4 à 10 mètres cubes par hectare, on renouvelle généralement tous les trois ou quatre ans; le sable amené sur le champ est déposé en petits tas et épandu à la pelle. Les applications maxima constatées sont : en terre légère, 15 mètres cubes; en terre compacte, 30 mètres cubes.

La culture du trèfle incarnat et surtout du trèfle rouge n'est possible sur nos terres granitiques qu'à la condition d'importer l'élément calcaire qui y fait complétement défaut; le sable a permis de les obtenir. Il en est de même pour la luzerne, qui n'occupe d'ailleurs que des étendues restreintes. Le rendement des légumineuses est puissamment augmenté, ainsi que celui des pommes de terre, des betteraves et des rutabagas. Sur les prairies naturelles, le sable produit d'excellents effets : destruction des mousses et des plantes acides, développement des légumineuses, etc.; l'emploi en compost avec des terres ou fumiers est ici tout indiqué; enfin le sable donne des céréales à rendements plus élevés, à grains mieux nourris, à farine plus appréciée.

J'ai recherché en vain des chiffres exacts permettant de comparer l'action du sable calcaire et celle de la chaux, lorsque ces deux engrais minéraux sont appliqués dans les mêmes conditions; voulant néanmoins avoir des données à cet égard et poser, dès aujourd'hui, des chiffres servant d'éléments de comparaison, j'ai fait quelques expériences qui n'ont encore qu'une durée de trois années. Ma ferme intention est de les continuer, parce que je pense que cette question très-complexe ne pourra être éclairée que par des essais de longue durée tendant à écarter toutes chances d'erreur.

Une terre granitique très-légère, ne contenant pas traces de chaux, a reçu mêmes engrais, mêmes façons culturales; elle a été divisée en carrés alternés sur lesquels on a appliqué de la chaux ou une quantité correspondante de sable calcaire. Des cultures variées y ont été faites, la comparaison donne les chiffres ci-après :

CHAUX ET SABLE CALCAIRE, COMPARAISON DES PRODUITS OBTENUS AVEC MÊMES FUMURES ET MÊMES CONDITIONS CULTURALES PAR HECTARE.

CHAUX. CULTURES.	RÉCOLTES.	EXCÉDANT EN SA FAVEUR.	SABLE CALCAIRE. CULTURES.	RÉCOLTES.	EXCÉDANT EN SA FAVEUR.
	kil.	kil.		kil.	kil.
Panais rond........	13 600	»	Panais rond........	18 170	+ 4 570
Panais long........	9 200	+ 850	Panais long........	8 350	»
Betteraves à sucre..	11 900	»	Betteraves à sucre..	14 500	+ 2 600
Avoine de printemps Paille...........	1 550	»	Avoine de printemps. Paille...........	2 400	+ 850
Grain.............	850	»	Grain.............	1 225	+ 375
Seigle d'automne. Paille...........	3 150	»	Seigle d'automne. Paille...........	6 100	+ 2 950
Grain.............	1 380	»	Grain.............	2 250	+ 870
Pommes de terre. Chardon.........	9 775	»	Pommes de terre. Chardon.........	12 975	+ 3 200

L'examen de ces chiffres indique que, sauf une exception, de meilleures récoltes ont été obtenues avec le sable calcaire et que même, plusieurs rendements ont été sensiblement plus élevés avec lui qu'avec la chaux. L'avenir dira si ces résultats sont durables et dans quelle proportion.

Pour faire une autre comparaison, spécialement au point de vue économique, il suffira de connaître les éléments ci-après :

L'hectolitre de chaux, du poids de 86 kil. et de bonne qualité, coûte, rendu à Quimperlé, 2 fr. 05.

Le mètre cube de sable calcaire, du poids de 1 500 kil. en moyenne et dosant 70 pour 100 de carbonate de chaux, coûte, transporté au même endroit, 4 francs au minimum.

Le calcul effectué donne seulement 0 fr. 58 pour le prix de revient des 86 kil. de chaux fournis par le sable calcaire, soit la même quantité de matière utile, qui coûte 2 fr. 05 avec la chaux. Ce chiffre est éloquent.

Dans les conditions actuelles de la culture du département du Finistère, on peut dire que les conditions d'application de ces sables calcaires sont si variées, si peu déterminées, qu'il est presque

impossible de les étudier et de les comparer. En beaucoup de points du littoral, et même de l'intérieur des terres, les sables sont prélevés sans aucun discernement, leur choix n'est pas guidé, comme il devrait l'être, par l'analyse, qui est le seul élément sérieux d'appréciation. C'est ainsi qu'il m'a été donné de constater l'application de sables soi-disant calcaires, ne contenant que de la silice insoluble et de rares traces de mica, et que, ailleurs, j'ai vu des terres presque stérilisées par l'abondance du maerl appliqué sans discernement. Les analyses rapportées ci-dessus ont pour but d'éclairer les cultivateurs à cet égard.

REVUE DES TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER SUR L'AGRONOMIE ET LA PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

Du rôle de l'acide tannique,

PAR M. J. SCHELL (1).

Ce mémoire se divise en sept chapitres dont le premier est consacré à l'historique de la question. Dans le 2e chapitre, l'auteur passe en revue les différents réactifs microchimiques qui peuvent servir à la recherche du tanin dans les tissus végétaux. Le plus anciennement employé est le sulfate de fer, qui, on le sait, colore l'acide tannique en bleu ou en vert, suivant qu'on a affaire à l'une ou à l'autre variété de cet acide; c'est donc un réactif précieux quand il s'agit de cette distinction, mais absolument mauvais quand on veut étudier la place que le tanin occupe dans les tissus, car le sulfate de fer s'étend très-facilement sur de grandes portions de tissus, et montre du tanin là où il n'en existe pas normalement.

Le sulfate de protoxyde et le sulfate de sesquioxyde pris isolément ne produisent aucune coloration avec l'acide tannique; il faut se servir d'un mélange des deux renfermant plus de sel au maximum qu'au minimum. Les chlorures de fer ont les mêmes torts que les sulfates; de plus ils peuvent, par leur propre coloration, masquer la réaction tannique quand celle-ci n'est pas fort intense.

Le chloro-iodure de zinc des botanistes est encore plus incommode,

(1) Kazan, 1874. Ce travail étendu (136 pages in-4° avec 2 planches), écrit en russe, a été résumé par M. Batalin dans le *Jahresbericht* du Dr Just., 3e année, t. II, p. 872.

parce qu'il colore à la fois le plasma, l'amidon et la cellulose. La potasse caustique et l'ammoniaque ne manifestent une coloration visible qu'avec des solutions concentrées d'acide tannique.

La baryte, indiquée par M. Sachs, et le nitrate de mercure, recommandé par Hartig, ne colorent le tanin ni dans les tissus, ni même en solution artificielle. Le cuivre ammoniacal ne produit qu'une coloration très-faible.

Le meilleur réactif est celui que M. Sanio a découvert et employé : le bichromate de potasse. Il donne avec l'acide tannique un précipité gélatineux rouge qui ne peut pas passer d'une cellule à l'autre et marque nettement la place occupée par le tanin.

Pour s'en servir on fait macérer la plante pendant deux ou trois jours dans le réactif, on la lave et on en fait des coupes.

Le 3e chapitre traite de la distribution qualitative et même quantitative du tanin.

Dans le 4e chapitre l'auteur s'occupe de l'état physique que présente cette matière dans les tissus. Plusieurs observateurs l'ont vue à l'état liquide, huileux, granuleux, amorphe, cristallin, etc. M. Schell n'admet que l'état de solution, et il explique par quelle erreur on a pu voir du tanin cristallin ou granuleux : par exemple, quand le tanin d'une cellule qui renferme en même temps des cristaux ou des granulations quelconques est précipité par le bichromate de potasse, le précipité recouvre les corps solides voisins et leur communique sa coloration. La solution tannique peut en outre imbiber des matières solides, qui se comportent alors vis-à-vis des réactifs colorants comme le ferait du tanin solide. On trouve des grains d'amidon imbibés de tanin dans les rayons médullaires du *Kœlreuteria paniculata*, dans le *Platanus orientalis*, le *Rhus toxicodendron*.

Les gouttelettes d'huile peuvent donner lieu aux mêmes illusions dans des cellules qui renferment une solution d'acide tannique.

Le 5e chapitre s'occupe de la nature chimique du tanin. L'auteur rejette la classification de Hartig et n'admet avec MM. Nägeli et Schwendener que deux variétés, l'une se colorant en bleu, l'autre se colorant en vert avec les sels de fer. Les tanins qui bleuissent se décomposent plus lentement sous l'influence de l'électricité que ceux qui verdissent. Le courant d'un élément Bunsen détruit ces derniers dans une coupe microscopique au bout de 4 minutes, tandis que les premiers exigent environ un quart d'heure.

Les tanins bleus sont plus répandus que les verts; la première

variété se trouve dans les Rosacées, les Ribesiacées, les Acérinées, les Casuarinées, les Crassulacées, etc.; la seconde dans les Salicinées, les Amygdalées, les Lonicérées, etc. Les genres d'une même famille renferment quelquefois différentes espèces de tanin; il arrive même assez fréquemment que plusieurs tanins se rencontrent dans la même plante, mais dans des organes différents. La tige du *Populus alba* contient des tanins verts, les bourgeons, des tanins bleus. Au bout de deux semaines de germination, les cotylédons de l'amandier sont remplis de tanins bleus, la tigelle, de tanins verts. Enfin il arrive dans un certain nombre de cas que les deux variétés se trouvent réunies dans un même organe; alors on obtient par les sels de fer une coloration vert bleuâtre (*Taxus cuspidata*, *Araucaria excelsa*, *Ulmus Dampieri*).

6e chapitre. La question du *rôle physiologique* n'a pas été résolue jusqu'à ce jour. Les avis sont partagés; quelques observateurs le considèrent comme produit accidentel, secondaire, de la métamorphose des matériaux élaborés, les autres au contraire croient qu'il est un des matériaux qui servent à l'accroissement de la plante.

Pour vérifier ces deux hypothèses, M. Schell s'appuie sur le raisonnement suivant : 1° Si le tanin est un produit accidentel, excrétoire, il doit s'accumuler de plus en plus ou tout au moins rester stationnaire dans les organes pendant la période de l'accroissement le plus actif. 2° S'il sert lui-même à la construction de nouveaux organes, sa quantité doit aller en diminuant progressivement jusqu'à la fin de la période d'accroissement. Il suffit donc d'observer le tanin pendant la germination et pendant le développement des nouveaux organes au printemps. La quantité de tanin n'a pu être évaluée que d'après l'intensité de la coloration produite par les réactifs.

Les graines de *Faba vulgaris*, *Phaseolus vulgaris*, *oblongus*, *multiflorus*, *Pisum sativum*, *Pyrus malus*, *Amygdalus communis*, *Syringa vulgaris*, *Geranium pratense*, *Pelargonium zonale*, *Cannabis sativa*, *Helianthus annuus*, ne renferment pas d'acide tannique; cet acide apparaît pendant la germination, sa quantité augmente ou reste stationnaire pendant l'accroissement ultérieur. Il n'est dans ce cas qu'un produit accidentel.

Dans les graines de *Quercus pedunculata*, *Dioscorea Batatas*, *Triticum vulgare*, qui renferment de l'amidon et du tanin, ce corps est également un produit accidentel, il s'accumule.

Quant aux graines où les tanins coexistent avec l'huile, elles se

comportent différemment : dans les unes (*Ipomœa Quamoclit*, *Borago officinalis*), le tanin est un produit accidentel; dans les autres (*Cynoglossum officinale*, *Symphytum echinatum*, *Anchusa officinalis*, *Asperugo procumbens*, *Echium vulgare*), il sert à l'accroissement de la plante.

Les tiges de *Paulownia imperialis*, de *Ribes grossularia*, de *Larix europœa*, de *Pinus sylvestris*, renferment, en hiver, une grande quantité de tanin qui disparaît au printemps et en été. C'est le contraire dans d'autres plantes ligneuses (*Berberis*, *Corylus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Salix*, *Tilia*, *Betula*). Les tanins verts et bleus ne se distinguent pas les uns des autres au point de vue physiologique. L'auteur a remarqué qu'ils ne servent à la construction d'organes nouveaux que lorsque l'amidon et l'huile font plus ou moins complétement défaut. Les tiges du pin, du mélèze et du *Paulownia* sont privées d'huile et d'amidon; dans le groseillier, il n'y en a que de très-petites quantités; enfin dans les Borraginées citées plus haut, l'huile commence par disparaître pendant la germination, et ce n'est que lorsqu'elle est à peu près complétement partie que les tanins commencent à être utilisés.

Quand on sème en même temps des graines de *Phaseolus oblongus*, *vulgaris* et *multiflorus*, on voit que cette dernière espèce germe de quinze à vingt jours après les deux autres. Mais si on enlève soigneusement le testa du haricot d'Espagne, les trois espèces germent à peu près en même temps. La structure microscopique du testa est la même dans les trois espèces, mais celui du *Ph. multiflorus* renferme une grande quantité de tanin qui entre sans doute en combinaison avec les matières albuminoïdes pour former une substance difficilement perméable à l'eau et au gaz.

L'auteur croit que l'acide tannique peut procéder de la cellulose et de l'amidon : dans les bourgeons et les très-jeunes feuilles de mélèze, le tanin apparaît à mesure que la cellulose s'altère. Il en est de même dans les jeunes cellules stomatiques du lilas; il est vrai qu'elles renferment de l'amidon, mais cette matière reste intacte; il se développe du tanin et la cellulose change d'aspect. Pendant la germination de la fève et du pois, le tanin résulte de la transformation de l'amidon; on voit celui-ci disparaître à mesure que l'autre apparaît. Au printemps la végétation des plantes ligneuses donne lieu à des phénomènes analogues (érable, saule, bouleau, chêne); l'amidon diminue et le tanin augmente.

Inversement les tanins peuvent se transformer en amidon. Dans le *Convolvulus tricolor* et l'*Ipomœa purpurea*, les entre-nœuds inférieurs renferment beaucoup d'amidon et une petite quantité de tanin, la sommité, au contraire, beaucoup de tanin et peu d'amidon; à mesure que la tige s'allonge, le tanin diminue et l'amidon s'accumule. A l'arrière-saison, lorsque la végétation s'arrête, on voit dans l'érable, le bouleau, le saule, etc., le tanin diminuer et l'amidon remplir les tissus.

Quant à la part que les tanins prennent à la formation des résines, M. Schell incline à l'avis de M. Wiesner : ils seraient l'intermédiaire entre la cellulose et l'amidon d'une part, et les résines d'autre part. M. Franchimont prouve que les résines procèdent de certaines glucosides comparables au tanin.

Dans le septième chapitre, l'auteur examine l'intervention du tanin dans la coloration hivernale des organes verts. Il croit, avec M. Wigand, que la coloration rouge des très-jeunes feuilles et des feuilles mourantes en automne dépend de la présence de l'acide tannique. Il en serait de même pour les feuilles rougies sous l'influence du froid; les parties rouges des feuilles renferment plus d'acide que les parties vertes. Les essais ont été faits sur des *Mahonia* et le *Cissus antarctica*, qu'on transportait de la serre à l'air libre et qui se coloraient en rouge dès le lendemain. La même coloration apparaît au printemps sur les très-jeunes feuilles de lilas, d'érable, de *Spirœa*, de tremble, exposées à la gelée. M. Schell doute de l'intervention du tanin dans la coloration rouge, jaune et bleue des feuilles, des fleurs et des fruits : il est vrai que souvent cet acide accompagne la coloration; mais dans un grand nombre de cas on n'en trouve aucune trace.

Sur l'origine du carbone des végétaux,

PAR M. J. W. MOLL (1).

L'auteur s'était proposé dans ses travaux de résoudre la question suivante :

L'acide carbonique qui est en contact avec un organe quelconque

(1) La question étudiée par M. J. W. Moll a été traitée déjà par M. Corenwinder, qui a reconnu que l'acide carbonique donné aux racines ne paraissait pas pouvoir être décomposé par les feuilles et apparaître sous forme d'oxygène dans l'atmosphère o

de la plante, soit racine, soit tige, soit feuille, peut-il être décomposé par un autre organe, adhérent au premier, mais maintenu constamment dans un milieu exempt d'acide carbonique?

La formation des grains d'amidon dans les grains chlorophylliens fut prise comme criterium de la décomposition de l'acide carbonique. Il và sans dire que les organes mis en expériences avaient été préalablement privés de l'amidon qu'ils auraient pu contenir. Quant à la disposition des expériences, l'auteur a suivi deux voies différentes, qui toutes deux peuvent conduire aux mêmes résultats. On peut d'abord placer une feuille entière ou un lobe de feuille dans un espace fermé, ne contenant pas d'acide carbonique, tandis que la racine reste au dehors, plongeant dans du terreau très-riche en humus, pour y puiser son acide carbonique. Si ce sont d'autres organes que la racine, tels que pétioles et parties de feuilles, auxquels on veut donner une certaine quantité d'acide carbonique, on les met dans une cloche en verre dans laquelle on fait arriver le gaz.

Pour contrôler et confirmer en même temps les résultats obtenus à l'aide de la méthode précédente, on opéra dans des conditions se rapprochant davantage des conditions normales. Sachant le temps que met une feuille à former de l'amidon si elle n'en contient pas au début et si elle est exposée à la lumière et dans l'air atmosphérique, on peut juger d'une accélération de la formation d'amidon, quand on place un organe voisin, mis en relation avec le premier dans une atmosphère riche en acide carbonique. On conçoit que, si cette formation s'accélère, on serait sûr que les feuilles pourraient décomposer l'acide carbonique absorbé par d'autres organes et dirigé vers les feuilles à travers les tissus intermédiaires.

La feuille (ou la partie de feuille) à examiner fut donc exposée à l'air atmosphérique et les parties voisines furent mises dans une atmosphère contenant beaucoup plus d'acide carbonique que l'air.

Dans aucun cas on ne put voir une formation d'amidon dans le tissu de l'organe qui avait séjourné dans un milieu dépourvu d'acide carbonique.

elles sont plongées. Un grand nombre d'expériences inédites exécutées au laboratoire de culture par MM. Dehérain et Vesque, les ont encore conduits au même résultat; ils n'ont jamais pu constater que l'acide carbonique du sol pouvait être utilisé par la plante comme source de carbone.

L'auteur résume les résultats de ses expériences dans les trois conclusions suivantes :

1° Une feuille (ou une partie de feuille) qui est placée dans un milieu maintenu exempt d'acide carbonique, ne forme jamais d'amidon en quantité appréciable. Le résultat est le même quand la feuille est adhérente à des parties de la plante souterraines ou situées au-dessus du sol, éloignées ou voisines, mais placées dans un milieu contenant beaucoup plus d'acide carbonique que l'air ordinaire. L'acide carbonique qui est surabondamment à la disposition d'une partie quelconque de la plante, ne peut donc pas favoriser la production d'amidon dans un autre organe de la même plante.

2° La formation d'amidon dans les tissus d'une feuille (ou d'une partie de feuille) exposée à l'air libre, n'est pas accélérée quand ces tissus sont en connexion organique avec ceux d'un autre organe placé dans un milieu dont la teneur en acide carbonique dépasse de beaucoup celle de l'air ordinaire. L'acide carbonique dont un organe quelconque de la plante dispose surabondamment ne peut donc pas servir à accélérer d'une manière appréciable la production d'amidon dans un organe voisin de la même plante, exposé à l'air libre.

3° L'acide carbonique que la plante trouve dans le sol n'est pas capable de produire de l'amidon dans les feuilles de la même plante, si ces feuilles séjournent dans un milieu privé d'acide carbonique. Il ne peut pas accélérer d'une manière sensible la formation d'amidon dans les feuilles exposées à l'air atmosphérique (1).

(1) Biedermann's *Centralblatt*, Heft. I. Januar 1878.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Le gérant, G. MASSON.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR LA MATURATION DU RAISIN

PAR

M. CAMILLE SAINTPIERRE,

Directeur de l'École d'agriculture de Montpellier,

ET

M. LUCIEN MAGNIEN,

Ingénieur diplômé de Grignon, professeur départemental d'agriculture de la Côte-d'Or.

La question de la maturation du raisin et des phénomènes qui l'accompagnent est encore mal connue. Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'aborder ce problème, qui touche à la fois à la physiologie végétale et à l'agriculture, et nous consignons dans le présent mémoire le résultat de recherches entreprises sur un point spécial de cette question; nous croyons en effet que l'étude des échanges gazeux qui s'exécutent entre le raisin et l'atmosphère est le premier terme de la connaissance des transformations qui se passent dans le raisin lui-même.

I. — De la maturation.

Après la fécondation, les grains de raisin grossissent depuis mai jusqu'en septembre ou octobre selon les climats. Lorsque la maturation approche, le raisin change brusquement de nuance. Ce phénomène, qui porte le nom de *véraison*, précède en général la récolte de 30 à 40 jours dans le midi de la France; il est très-apparent sur les raisins noirs, moins sensible sur les raisins roses ou blancs. Certaines vignes présentent même des irrégularités de coloration qu'il est bon de noter. Ainsi, tandis que sur la plupart des cépages à raisins noirs on voit les fruits prendre une couleur violacée au moment de la véraison, le chasselas violet, déjà coloré en violet, prend une nuance plus claire au moment où la maturation s'effectue. Il ne serait donc pas exact de dire que la couleur des raisins se fonce au moment de la véraison, mais il est absolument certain que la nuance se modifie à cette époque.

A côté de ce changement propre au raisin, les rameaux de la vigne entière sont le siége de phénomènes très-apparents que le langage populaire a caractérisés en les rapprochant de ceux qui

accompagnent la gestation chez les animaux (1). En effet, la végétation s'arrête, les rameaux et les feuilles pâlissent, et l'analyse chimique établit que ces organes s'appauvrissent brusquement en potasse.

Corrélativement à ces modifications, le grain grossit, son acidité diminue, le sucre augmente, les cellules se gonflent de jus, en un mot, le raisin mûrit, non par un acte rapide, mais par une série d'actes physiologiques dont le but est le développement complet du pepin.

Nous distinguerons en effet la maturation physiologique qui est accomplie lorsque le pepin est devenu apte à reproduire la plante et la maturation industrielle dont les limites sont assignées par la fabrication de l'espèce de vin que l'on recherche. Pour faire des vins estimés, dans certaines régions, il faut cueillir les raisins un peu verts; pour faire des vins de paille et de liqueur, il faut employer, au contraire, des raisins trop mûrs. Les agriculteurs reconnaissent cette maturation industrielle à des caractères chimiques, à la densité du moût, et sa détermination est purement conventionnelle.

La maturation physiologique du raisin, la seule qui nous préoccupe dans ce mémoire, offre divers caractères : la queue de la grappe devient brune, dure, la couleur s'accentue vers une nuance qui varie avec le cépage; le grain se détache facilement de la grappe et laisse à celle-ci un long fil quelquefois coloré; le pepin est gros, vert foncé; il présente les sillons qui, d'après les travaux modernes, sont caractéristiques des types de vignes; enfin si ce pepin est sain, il est capable de germer et de fournir une jeune vigne.

La peau des raisins mûrs est en général amincie, le pigment situé sous la peau s'en détache assez facilement avec l'ongle; le grain a acquis tout son développement en grosseur. Au delà du terme assigné à ces phénomènes, il se ride, diminue de volume et, suivant les circonstances, se dessèche ou pourrit.

Quant aux réactions chimiques qui accompagnent cette maturation, on sait seulement que le sucre augmente et qu'il paraît y avoir un rapport inverse entre la richesse en acides et la richesse en

(1) Un dicton languedocien dit :

Qu'aou veí la bigua aou mès d'aoùs
Vei sas doulous.
Qui voit la vigne au mois d'août,
Voit ses douleurs (mot à mot, voit les douleurs de l'enfantement).

sucre. On sait aussi que les grappes arrivées très-près de la maturation continuent à se développer, quoiqu'elles aient été détachées. C'est pour ajouter quelques faits nouveaux aux connaissances déjà acquises, que nous avons entrepris les présentes recherches ; nous les ferons précéder d'un rapide historique, dans lequel nous résumerons quelques-uns des travaux les plus importants publiés sur la maturation des raisins, sans avoir la prétention de donner un aperçu de tous les mémoires consacrés à ce sujet, notamment par les chimistes italiens.

II. — Historique.

A. — Une ancienne expérience due à de Saussure (1) a conduit cet illustre physiologiste à admettre que les raisins verts fonctionnent comme les feuilles, c'est-à-dire dégagent de l'oxygène; mais il ajoute que quand l'expérience a duré plus de 24 heures, il y a dégagement d'acide carbonique. Nos analyses ne nous ont jamais donné ces résultats, les grains développés, même verts, ne nous ont pas fourni d'oxygène.

B. — En 1821, dans un mémoire couronné par l'Académie des sciences, Bérard (2) a exposé le résultat de recherches très-nombreuses et faites avec le plus grand soin, relatives aux modifications que font éprouver à des atmosphères d'air limité les fruits verts et les fruits déjà colorés qui y séjournent. Des fraises encore vertes, des poires, des abricots, des raisins, etc., introduits dans des flacons ou des cloches remplies d'air, ont déterminé, en 20 ou 24 heures, la transformation d'une partie de l'oxygène en une quantité correspondante d'acide carbonique. Dans quelques cas le volume d'acide carbonique dégagé a été plus faible que celui de l'oxygène disparu.

Ces expériences s'étant prolongées la nuit, Bérard en disposa d'autres qui ne durèrent que pendant le jour seulement, et qui donnèrent les mêmes résultats. Une notable proportion de l'oxygène s'était métamorphosée en acide carbonique, et le phénomène s'est produit aussi bien à la lumière que dans l'obscurité. Une expérience

(1) *Recherches chimiques sur la végétation*. Paris, 1804.

(2) *Annales de chimie et de physique*, 2e série, 1821, t. XVI, p. 152 et 225. *Mémoire sur la maturation des fruits*, par Bérard.

faite au soleil dans une atmosphère renfermant 1/10e d'acide carbonique a montré la formation d'une nouvelle quantité de ce gaz aux dépens de l'oxygène existant. Bérard en a conclu que la transformation de l'oxygène en acide carbonique par l'action du fruit était une fonction absolument indispensable pour que la maturation puisse s'opérer. « Quand on la supprime par un moyen quelconque, le fruit se dessèche et meurt. »

Plusieurs des expériences de Bérard ont été faites comparativement sur des fruits séparés de l'arbre et sur des fruits encore attachés aux branches : les phénomènes observés ont été les mêmes dans les deux cas.

Il a placé également des fruits dans des milieux dépourvus d'oxygène (vide, azote, hydrogène), et il a vu le dégagement d'acide carbonique persister pendant plusieurs jours, mais diminuer d'une façon graduelle, comme si les fonctions physiologiques allaient en s'éteignant. Corrélativement à ce dégagement d'acide carbonique, on voit une diminution du sucre et une augmentation relative, mais non absolue des acides.

C. — Dix ans plus tard, un autre observateur, Couverchel (1), a confirmé la plupart des vues de Bérard. Toutefois il a introduit dans cette étude une idée nouvelle, à savoir qu'une partie des phénomènes qui se passent dans les fruits pendant la maturation et le blessissement pourraient avoir quelque analogie avec ceux de la fermentation que l'on observe dans les graines lorsque la fécule se change en sucre. Il considère la maturation des fruits sucrés comme un commencement d'altération.

D. — Dans ses premières recherches, M. Fremy (2) a déterminé la nature des gaz renfermés dans les fruits. Il a trouvé que les raisins verts contenaient un gaz composé de 95 parties d'acide carbonique et de 5 parties d'azote, tandis que les raisins noirs ne donnaient plus, sur 100 parties, que de 90 à 93 parties d'acide carbonique et de 10 à 7 d'azote. D'autres analyses montrent que les fruits verts (pomme, poire) contiennent plus d'oxygène que les fruits mûrs : c'est ce qui a fait admettre par plusieurs physiologistes que les

(1) Couverchel, *Mémoire sur la maturation des fruits. Annales de chimie et de physique*, 2e série, 1831, t. XLVI, page 147.

(2) *Comptes rendus*, 1844, tome XIX, p. 784. *Recherches chimiques sur la maturation des fruits*, par Frémy.

fruits verts décomposent l'acide carbonique de l'air sous l'influence solaire et dégagent de l'oxygène.

M. Fremy a également observé la production de l'acide carbonique par les fruits placés dans l'air atmosphérique; ses expériences, confirment celles de Bérard. Il a vu que cette transformation était intimement liée à la vie des cellules, que la formation du sucre dans les fruits était arrêtée lorsqu'on arrosait le végétal avec des dissolutions alcalines, et il considère, avec Bérard, la présence de l'air comme indispensable pour l'accomplissement de la maturation.

M. Fremy a en outre remarqué que la réaction acide des fruits disparaît à mesure que la maturation s'avance et, sans repousser l'opinion des chimistes qui admettent que les acides du fruit se transforment en sucre, il pense que, dans un grand nombre de cas, ces mêmes acides se trouvent saturés par les bases qui viennent de la plante.

E. — Dans une note publiée à l'occasion du travail de M. Frémy, Couverchel (1) rappelle qu'il est d'accord avec ce dernier chimiste relativement au commencement de décomposition qui accompagne la maturation et trouve tout naturel qu'à cette époque les fruits transforment l'oxygène de l'air en acide carbonique. Il cite à ce propos l'expérience bien connue de Gay-Lussac sur la fermentation des jus sucrés et cherche à réfuter les arguments qu'oppose le savant professeur du Muséum à la théorie qui consiste à faire dériver le sucre des fruits de la réaction des acides organiques sur la gomme et sur les matières amylacées. Cette réaction, que favorise puissamment la chaleur, n'a pu s'accomplir dans le raisin lorsque le cep qui le portait a été placé à l'ombre et arrosé copieusement. La maturation n'a pas eu lieu. Nous aurons à nous expliquer plus tard sur la valeur de l'hypothèse émise par Couverchel.

F. — Dans un nouveau travail, M. Fremy (2) admet que le péricarpe des fruits charnus traverse trois périodes qui se distinguent les unes des autres par des phénomènes chimiques différents et des actions diverses sur l'air qui les entoure.

La première période est celle du développement, pendant laquelle

(1) *Comptes rendus*, 1844, t. XIX, page 1114. *Recherches concernant la maturation des fruits*, par Couverchel.

(2) Voir le *Traité de chimie générale*, par MM. Pelouze et Fremy, t. IV, page 435, 3e édition, Masson. Paris, 1861; et le tome LVIII, 1864, page 656, des *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

les fruits encore verts décomposent l'acide carbonique comme les feuilles. La maturation, c'est-à-dire, pour M. Frémy, la période pendant laquelle la couleur verte du fruit est remplacée par une coloration jaune, brune ou rouge, est caractérisée par des phénomènes de combustion proprement dits. Dans la troisième période, qui est celle de la décomposition, l'oxydation atteint le sucre lui-même, les cellules se déchirent et l'air pénètre dans l'intérieur du fruit dont il détermine le blessissement, c'est-à-dire la destruction du tissu qui constitue les enveloppes des cellules et l'altération du liquide intra cellulaire.

G. — M. Cahours (1) a étudié plus particulièrement les gaz contenus dans les sucs des fruits et la respiration de ces fruits dans des atmosphères d'azote et d'hydrogène; il a vu que les gaz dégagés des fruits ne contenaient jamais d'oxygène, que l'azote et l'acide carbonique étaient les termes constants de cette production, et que l'acide carbonique est émis par les fruits complétement mûrs avant que l'on puisse constater la moindre trace de désorganisation. M. Cahours voit dans ce phénomène un cas particulier de fermentation.

H. — L'origine du sucre pendant la maturation a préoccupé M. Chatin (2) : il l'attribue à la décomposition des matières tanniques dont le sucre et l'acide carbonique peuvent être facilement dérivés. Sans vouloir anticiper sur ce qui sera exposé plus loin, il nous paraît impossible de considérer les très-petites quantités de tannin contenu dans le raisin comme l'origine de la proportion considérable de sucre qui se rencontre dans ce fruit.

I. — Nous venons d'abandonner un instant l'ordre chronologique pour rapprocher des travaux qui ont amené entre leurs auteurs une discussion; nous avons hâte d'y revenir et d'analyser le mémoire très-remarquable de M. Buignet (3), qui date de 1861.

M. Buignet s'est appliqué à déterminer la nature et les propriétés du sucre contenu dans le raisin et les autres fruits acides, et considéré jusqu'à lui comme identique au sucre de canne et de

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1864, t. LVIII, pages 495 et 653; et *Bulletin de la Société chimique*, 1864, tome I, page 254.

(2) *Comptes rendus de l'Académie*, 1864, t. LVIII, page 576.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, 1861, tome LXI, p. 233. *Recherches sur la matière sucrée contenue dans les fruits acides, son origine, sa nature et ses transformations*, par M. Buignet. *Comptes rendus*, 1860, t. LI, page 894. — Berthelot et Buignet, *Comptes rendus*, 1860, t. LI, page 1094.

betterave. Il a détruit cette idée surannée et montré qu'il existe dans les fruits des matières sucrées isomères, mais non comparables dans toutes leurs propriétés. Ses études, qui ont porté sur des raisins, des groseilles, des framboises, des pommes, etc., l'ont conduit à admettre la présence dans les fruits de trois variétés de sucre bien différentes, qui sont :

1° Le *sucre de canne* ($C^{12}H^{11}O^{11}$) cristallisable, non réducteur, dextrogyre, se changeant en sucre interverti lévogyre par l'action des acides;

2° Un *sucre isomère du glucose de fécule* ($C^{12}H^{12}O^{12}$), capable de cristalliser sous forme mamelonée, réducteur et dextrogyre, mais non susceptible d'altération par les acides;

3° Un *glucose liquide* absolument incristallisable ($C^{12}H^{12}O^{12}$), réducteur, lévogyre et paraissant identique au sucre interverti obtenu du sucre de canne.

Quand on examine les fruits à l'époque de leur maturité complète, on trouve qu'ils renferment tantôt un mélange de sucre de canne et de sucre interverti (abricot, pêche, prune, etc.), tantôt du sucre interverti exclusivement (raisin, groseille, figue), c'est-à-dire un mélange de glucose dextrogyre et de glucose lévogyre (lévulose), et non, ainsi qu'on l'a cru fort longtemps, la lévulose que M. Dubrunfaut est parvenu à isoler du sucre interverti obtenu par l'action des acides minéraux sur le sucre de canne et qui a reçu à tort le nom de *sucre de fruits* ou de *glucose de fruits*. On rencontre quelquefois dans le raisin le sucre granuleux dextrogyre isomère du sucre de fécule; il a été appelé très-improprement *sucre de raisin*, car on ne le trouve qu'à la suite de transformations, par exemple à la surface des raisins secs, où il se présente sous forme de cristaux blancs.

M. Buignet assimile le sucre contenu dans le raisin à « du sucre interverti constitué par un mélange des deux glucoses lévogyre et dextrogyre, et doué d'un pouvoir rotatoire défini (de — 26° à 15°) et constamment le même ». L'examen optique des moûts lui a montré que le pouvoir rotatoire de leur matière sucrée est sensiblement égal à celui du sucre interverti, toutes choses d'ailleurs égales, et il conclut à l'identité des deux variétés de sucre. Il n'a jamais trouvé trace de sucre non réducteur.

Le même savant s'est ensuite occupé de l'origine du sucre incristallisable des fruits. Il le fait dériver du sucre de canne. Pour

lui, ce dernier sucre préexiste dans tous les fruits. Un ferment glucosique particulier serait l'agent principal de la transformation du sucre de canne cristallisable en sucre interverti incristallisable.

Relativement au mode de formation du sucre dans les fruits, M. Buignet montre que les matières amylacées ne sauraient lui donner naissance. En admettant que les fruits acides renferment de l'amidon, ce qui n'est pas, cet amidon ne pourrait fournir qu'un glucose dextrogyre à pouvoir rotatoire $= + 53°$, absolument différent, par conséquent, du sucre interverti lévogyre. L'habile professeur de l'École de pharmacie a rencontré dans les fruits verts, et en particulier dans le raisin, un principe spécial, voisin des tannins par ses propriétés, qui disparaît progressivement à mesure qu'augmente la proportion de sucre et que l'époque de la maturité est plus prochaine. On serait tenté de croire que la matière tannante engendre le sucre par dédoublement. Il n'en est rien. Le sucre que fournit le tannin des fruits verts est un glucose dextrogyre ayant exactement le même pouvoir rotatoire que le glucose d'amidon et absolument identique au sucre fourni par le tannin mieux connu de la noix de galle, tandis que le sucre contenu dans le raisin est lévogyre, c'est-à-dire tout à fait différent.

Le tannin, on le voit, ne se prête donc pas mieux que l'amidon à une théorie satisfaisante sur l'origine du sucre dans les fruits, et peut-être y a-t-il plutôt une relation entre le degré d'acidité du raisin et sa richesse saccharine. Buignet, et avant lui M. Famintzin, a constaté que l'acidité suit la même marche que la matière tannante et que sa proportion décroît au fur et à mesure que le sucre augmente. Ces faits, confirmés depuis par un grand nombre d'observateurs, sont de nature à appeler l'attention des physiologistes, et il ne serait pas étonnant qu'ils pussent nous mettre sur la voie du mécanisme qu'emploie la nature pour la formation du sucre dans les fruits.

J. — Une note plus récente de M. Beyer (1) fait connaître les variations de sucre, d'acides, de corps gras et autres dans des fruits en maturation, mais ces observations ne nous paraissent pas pouvoir se rapporter au raisin.

K. — Dans une brochure publiée par M. Le Canu (2) sur les rai-

(1) *Archiv. der Pharmacie*, reproduit dans le *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 1867, t. VII, page 192.

(2) *Étude sur les raisins, leurs produits et la vinification*, par Le Canu. Paris, 1868, Édouard Blot, imprimeur, rue Turenne, 66.

sins de cépages spéciaux aux Pyrénées, la détermination de la richesse saccharine a été faite dans les moûts aux différentes époques de la maturation. La proportion de sucre croît sans cesse et surtout avec rapidité durant la dernière période de la maturation. Son apparition précède celle de la matière colorante, dont la marche est d'ailleurs analogue à celle de la matière sucrée.

L. — Les travaux remarquables de M. Buignet dont nous venons de faire l'analyse avaient porté exclusivement sur l'étude du glucose contenu dans les fruits dont les fonctions respiratoires n'ont pas préoccupé ce savant. Au contraire, nous trouvons en 1869 MM. Lechartier et Bellamy (1) reprenant l'étude des gaz dégagés par les fruits et établissant un fait nouveau, à savoir la production de l'alcool dans l'intérieur des cellules des poires et des pommes. Les auteurs ont constaté que malgré l'absence de la levûre de bière, des fruits mûrs, placés dans une atmosphère limitée, émettent de l'acide carbonique et renferment de l'alcool. Ces phénomènes accompagnent cette transformation connue sous le nom de blessissement. M. Pasteur y voit un acte physiologique des cellules du fruit qui, privé d'air et enveloppé par l'acide carbonique, produit de sa propre respiration, serait apte à jouer le rôle d'un ferment analogue à la levûre de bière.

M. — Des recherches relatives aux modifications qui se passent dans le raisin sont dues à M. Petit (2). Ce savant attribue l'origine du sucre à la transformation de l'acide malique qu'il fait dériver lui-même de la cellulose des feuilles. En comparant les variations des acides dans les feuilles de la vigne à diverses époques, dans le raisin vert et dans le raisin mûr, il a vu que les feuilles renferment, outre le sucre interverti, une certaine quantité de sucre de canne; que le fruit, au contraire, ne contient que du sucre interverti, et que l'acide du raisin disparaît, non pas en se combinant avec des bases ou en se diluant dans le liquide qui afflue vers les grains mûrs, mais en su-

(1) Lechartier et Bellamy, *Étude sur les gaz produits par les fruits*. (*Comptes rendus*, 1869, t. LXIX, page 356.) — *Note sur la fermentation des fruits*. (*Comptes rendus*, 1869, LXIX, page 466.) — *De la fermentation des fruits*. (*Comptes rendus*, 1872, t. LXXV, page 1203.) — *De la fermentation des pommes et des poires*. (*Comptes rendus*, 1874, t. LXXIX, page 949.) — *De la fermentation des fruits*. (*Comptes rendus*, 1874, t. LXXIX, page 1006.) — *De la fermentation des fruits*. (*Comptes rendus*, 1875, t. LXXXI, page 1127.)

(2) A. Petit, *De la disparition des acides du raisin et de leur transformation probable en sucre*. (*Comptes rendus*, 1869, t. LXIX, page 760.) — *Sur le sucre contenu dans les feuilles de vigne*. (*Comptes rendus*, 1873, t. LXXVII, p. 944.)

bissant une décomposition dont l'acide carbonique et le glucose paraissent être, d'après lui, les termes derniers.

N. — M. Macagno (1) a cherché, non dans le raisin, mais dans la feuille, la clef des transformations des matériaux de la vigne. Il établit que le sucre dans les feuilles de la vigne ne se produit qu'à la lumière, et conclut de ses expériences que le sucre et l'acide tartrique se forment préférablement dans les feuilles supérieures des pampres à fruit, que la production du sucre marche avec la maturation du raisin, et que le sucre diminue dans les feuilles après la vendange. En conséquence, M. Macagno considère les organes foliacés comme le laboratoire de formation du glucose et les rameaux verts comme les conducteurs de ce composé.

O. — Les raisins séparés sont-ils susceptibles d'acquérir une maturité plus complète? M. Pollacci (2) a analysé des échantillons au moment de la cueillette et après une conservation de quelques jours; ses essais l'ont conduit à admettre que la quantité de sucre va en augmentant, tandis que celle de l'acide diminue.

P. — M. Livache (3) a examiné la nature des gaz contenus dans les fruits qui n'ont pas subi d'altération, ces gaz sont formés d'oxygène et d'azote, l'acide carbonique n'apparaît qu'autant que les fruits sont écrasés.

Q. — Enfin, dans un mémoire publié pendant la rédaction de ce travail, M. Muntz (4), reprenant les expériences de MM. Lechartier et Bellamy, a fait vivre des végétaux entiers dans une atmosphère d'azote, et il a constaté que diverses plantes, entre autres des rameaux de vigne munis de feuilles, devenaient ainsi des producteurs d'alcool, c'est-à-dire que les cellules du végétal vivant à l'abri de l'air sont capables d'agir sur le sucre à la manière de la levûre de bière. Ce savant vient ainsi de confirmer une fois de plus la belle théorie de M. Pasteur sur les transformations des aptitudes physiologiques des cellules plongées dans un milieu privé d'air.

(1) *Recherches sur les fonctions des feuilles de la vigne.* (*Comptes rendus*, nº du 12 octobre 1877.) — *Action de la lumière sur la vigne.* (*Comptes rendus*, 29 octobre, 1877.)

(2) *Annales agronomiques*, 1877 (traduit de la *Rivista di viticoltura.*)

(3) *Id.*, tome III, page 455.

(4) *Recherches sur la fermentation alcoolique intracellulaire des végétaux.* (*Comptes rendus*, nº du 7 janvier 1878.)

III. — Expériences sur les échanges de gaz qui s'exécutent pendant la maturation du raisin.

Si nous essayons de résumer les connaissances acquises par les nombreux travaux dont nous venons de parler, nous voyons deux faits bien saillants se dégager des études antérieures : la production d'acide carbonique par les raisins et la disparition des acides corrélativement à l'augmentation du sucre. Mais il faut le reconnaître, les auteurs que nous venons de citer se sont attachés à l'observation d'une condition de la vie des fruits sans se préoccuper de l'ensemble du phénomène. Or la maturation des fruits est un acte physiologique aussi complexe que tous les autres actes de la nutrition et son étude ne saurait être scindée. Quand le fruit respire en émettant de l'acide carbonique, quels sont les composés d'où provient ce gaz? Quand le sucre augmente dans le raisin, est-il engendré de toutes pièces ou se forme-t-il par le dédoublement de quelque autre substance? En un mot, le véritable objet d'une étude sur la maturation des fruits doit être d'approcher autant que possible de la connaissance des phénomènes de nutrition qui s'accomplissent dans leurs organes.

Les expériences que nous avons entreprises, sans avoir la prétention d'aborder ce problème par tous ses côtés, ont pour but de reprendre cette étude, de faire varier les conditions dans lesquelles le raisin a été observé, ce que n'ont pas fait la plupart des auteurs, et d'essayer de surprendre dans l'intimité du fruit le sens des modifications chimiques qui sont corrélatives de la maturation. Notre travail est loin d'être encore complet. Il se continue. Mais nous jugeons utile d'en publier la première partie.

A. — *Expériences dans l'air.* — Elles se rapportent à des raisins maintenus dans une atmosphère d'air confiné dans des conditions d'éclairage variées. Bérard n'avait constaté que le dégagement de l'acide carbonique; nous y avons ajouté la détermination rigoureuse des poids et des volumes et les circonstances diverses dans lesquelles s'est accomplie l'expérience.

Nous avons opéré avec des raisins de cépages différents à des états de maturation variables. Les grains employés, détachés de la grappe au moyen de ciseaux, conservaient l'extrémité de leurs pédicelles. Ils étaient introduits dans des cloches renversées sur le

mercure, contenant un volume d'air déterminé, maintenues au laboratoire à la même température et disposées de façon à se trouver soit au soleil, soit à la lumière diffuse, soit à l'obscurité complète. L'expérience terminée, le gaz était transvasé sur la cuve à mercure, l'acide carbonique était dosé par la potasse et l'oxygène par l'acide pyrogallique.

TABLEAU I. — EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES DANS UNE ATMOSPHÈRE D'AIR CONFINÉ.

Numéros d'ordre.	DATES DES EXPÉRIENCES.	RAISINS EMPLOYÉS.	Poids du raisin en expérience.	Durée des expériences en heures.	Volume initial.	Acide carbonique produit.	Acide carbonique produit par 10 gr. de raisin en 1 heure.
		OBSCURITÉ.					
			gr.		cc.	cc.	cc.
1	27 octobre 1875...	Raisin non mûr, mais tourné.....	20		28	8.4	
2	17 novembre 1875.	Damas violet presque mûr.......	22	8	27.2	1.65	0.093
3	18 septembre 1876.	Verdal de Vaucluse encore vert.....	10	6	20	0.4	0.066
		LUMIÈRE DIFFUSE.					
4	11 octobre 1875...	Aspirant noir.....	20	6	16	3.2	0.266
5	18 septembre 1876.	Verdal de Vaucluse encore vert.....	12	8	20	0.4	0.041
		LUMIÈRE SOLAIRE.					
6	27 octobre 1875...	Raisin non mûr et tourné.........	20		28	13.19	
7	18 septembre 1876.	Verdal de Vaucluse encore vert.....	10	6	20	0.1	0.016
		LUMIÈRE DIFFUSE ET OBSCURITÉ SUCCESSIVES.					
8	17 novembre 1875.	Damas violet presque mûr........	22	48	27.2	5.65	0.053

Ces expériences préliminaires (voir tableau I) nous ont montré le fait constant de la production d'acide carbonique avec des raisins qui approchent de leur maturation, quels que soient le mode d'éclairage et la couleur du raisin. Elles nous ont conduit à disposer les expériences plus complètes consignées dans le tableau II.

Celles-ci ont pour but d'étudier les modifications que font subir

TABLEAU II. — NOUVELLES EXPÉRIENCES DANS UNE ATMOSPHÈRE D'AIR CONFINÉ.

Nos D'ORDRE.	DATES des EXPÉRIENCES. 1877.	RAISINS EMPLOYÉS.	COULEUR du RAISIN.	Sucre en gr. par litre.	Acidité totale exprimée en acide tartrique par litre.	Poids du raisin en expérience.	Durée des expériences en heures.	VOLUME PRIMITIF. Volume total.	Oxygène.	Azote.	VOLUME FINAL. Volume total.	Oxygène.	Azote.	Acide carbonique.	Différence en + ou en — du volume final sur le volume primitif.	Oxygène absorbé.	Acide carbonique produit.	Différence en + ou en — de l'azote final sur l'azote primitif.	Oxygène absorbé par 10 gr. de raisin en 1 h.	Acide carbonique produit par 10 gr. de raisin en 1 h.
										OBSCURITÉ.										
					gr.	gr.	h.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.
9	3 août......	Aramon.	Verte.	.....	....	7.860	23 1/2	35.30	7.34	27.96	35.7	2.70	29.40	3.60	+ 0.4	4.64	3.60	+ 1.44	0.251	0.194
10	8 »	»	»	.....	....	7.583	79 1/2	36.40	7.57	28.83	42.69	0.00	28.01	14.68	+ 6.29	7.57	14.68	— 0.82	0.125	0.243
11	31 »	»	Rouge.	87.5	13.3248	9.598	30 »	36.25	7.54	28.71	36.03	2.35	27.42	6.26	— 0.22	5.19	6.26	— 1.29	0.180	0.217
12	1er septembre.	»	»	97.5	13.0472	9.423	47 »	36.10	7.51	28.59	36.10	2.11	27.48	6.51	0.00	5.40	6.51	— 1.11	0.122	0.146
13	3 » .	»	»	104.3	13.4983	9.878	48 »	36.54	7.60	28.94	37.21	1.06	29.69	6.46	+ 0.67	6.54	6.46	+ 0.75	0.138	0.135
14	5 » .	»	»	75 »	13.5330	8.067	72 1/4	36.64	7.62	29.02	36.98	1.91	28.74	6.33	+ 0.34	5.71	6.33	— 0.28	0.098	0.108
15	9 » .	»	»	137.5	10.6876	7.385	77 »	36.52	7.59	28.93	39.42	1.16	28.07	10.19	+ 2.90	6.43	10.19	— 0.86	0.113	0.179
16	12 » .	»	»	140 »	»	6.323	169 1/4	37.08	7.71	29.37	48.75	0.00	29.52	19.23	+ 11.67	7.71	19.23	+ 0.15	0.072	0.177
17	28 » .	»	»	179.3	9.6119	9.540	96 1/4	37.16	7.73	29.43	37.74	0.78	28.94	8.02	+ 0.58	6.95	8.02	— 0.49	0.075	0.085
18	17 octobre...	»	»	160 »	9.4384	7.040	67 »	37.36	7.77	29.59	41.20	4.46	32.71	4.03	+ 3.84	3.31	4.03	+ 3.12	0.070	0.085
19	13 août......	Petit-Bouschet.	Noire.	.....	....	9.020	29 3/4	36.50	7.59	28.91	37.30	2.12	29.19	5.99	+ 0.80	5.47	5.99	+ 0.28	0.203	0.223
20	28 septembre.	Verdal de Vaucluse.	Blanc et mûr.	150 »	7.9463	8.681	96 1/2	37.16	7.73	29.43	38.37	2.37	29.41	6.89	+ 1.21	5.36	6.89	— 0.32	0.064	0.081
										LUMIÈRE DIFFUSE.										
21	3 août......	Aramon.	Verte.	.....	....	7.230	3 »	35.30	7.34	27.96	36.10	5.72	29.06	1.32	+ 0.80	1.62	1.32	+ 1.10	0.746	0.608
22	4 »	»	»	.....	....	7.372	7 »	36.80	7.65	29.15	38.70	5.29	32.02	1.39	+ 1.90	2.36	1.39	+ 2.87	0.457	0.268
23	7 »	»	»	.....	....	7.635	9 »	36.60	7.61	28.99	33.40	4 34	27.06	2.04	— 3.20	3.27	2.04	— 1.93	0.476	0.289
24	8 »	»	»	.....	....	6.970	7 3/4	36.40	7.57	28.83	35.60	5.13	28.27	2.20	— 0.80	2.44	2.20	— 0.56	0.451	0.407
25	18 octobre...	»	Rouge.	160 »	9.4384	8.195	9 »	38 »	7.90	30.10	36.88	6.38	29.27	1.23	— 1.12	1.52	1.23	— 0.83	0.206	0.166
26	13 août......	Petit-Bouschet.	Noire.	.....	....	8.979	8 1/2	36.50	7.59	28.91	36.60	5.64	29.29	1.67	+ 0.10	1.95	1.67	+ 0.38	0.255	0.219
										LUMIÈRE DIFFUSE ET OBSCURITÉ SUCCESSIVES.										
27	28 septembre.	Aramon.	Rouge.	179.3	9.6119	9.585	73 »	37.16	7.73	29.43	37.58	2.01	28.34	7.23	+ 0.42	5.72	7.23	— 1.09	0.081	0.102
28	28 » .	Verdal de Vaucluse.	Blanc et mûr.	150 »	7.9463	9.242	73 »	37.16	7.73	29.43	36.68	3.40	29.17	4.11	— 0.48	4.33	4.11	— 0.26	0.064	0.059

à une atmosphère d'air confiné les raisins maintenus : 1° dans l'obscurité complète; 2° à la lumière diffuse; 3° pendant plusieurs jours successivement à la lumière diffuse et à l'obscurité.

Nos premiers essais nous avaient fait voir le dégagement d'acide carbonique sans nous fixer sur l'activité du phénomène. Dans cette nouvelle série, on a rapporté à une unité de poids et de volume la production de l'acide carbonique. Le volume du gaz a été déterminé avant et après l'expérience, et a subi les corrections de température et de pression (1). Pour soustraire les grains de raisin placés dans la cloche à l'influence des vapeurs de mercure qui auraient pu modifier leur activité physiologique, on a eu soin, selon l'indication de Bérard, de faire passer un peu d'eau dans la cloche. Cette faible couche d'eau à la surface du mercure avait en outre l'avantage de retenir les quelques gouttelettes de métal qu'avaient pu entraîner les grains au moment de leur introduction dans la cloche.

Nous avons considéré comme très-utile de consigner la richesse en sucre et en acides du moût contenu dans les raisins en expérience. Le sucre a été déterminé par le saccharimètre et considéré comme du sucre interverti : on sait, en effet, par les recherches de MM. Buignet, Pasteur et Berthelot que le sucre renfermé dans les raisins est exclusivement formé par un mélange de glucose et de lévulose.

B. — *Expérience n° 29 sur le moût* (31 août 1877). — Il nous a

(1) Pour ramener les volumes de gaz à 0° et à 760mm, c'est-à-dire dans les conditions normales de température et de pression, nous avons noté la température, la hauteur barométrique au moment de l'expérience et employé la formule :

$$V_0 = Vt \frac{(H - f)}{(1 + 0,00367\ t)\ 760} \quad (a)$$

Le calcul de cette formule, même avec des tables de logarithmes, ne laisse pas que d'être assez long. La table suivante où sont consignées, à côté des valeurs de f, toutes les valeurs du dénominateur $(1 + 0,00367\ t)\ 760$ pour les températures comprises entre 0 et 30°, nous a permis de faire ces calculs beaucoup plus rapidement. Ces valeurs ne sont pas exprimées dans les livres classiques, nous avons jugé utile de les déterminer de demi-degré en demi-degré afin d'en augmenter l'utilité.

Donnons un exemple de l'application de ces tables. Soit l'expérience n° 9 du 3 août 1877 à l'obscurité. 40cc d'air ont été introduits, à une température de 26° et sous une pression de 763 millimètres, dans une cloche avec 7gr,860 de raisin. Pour ramener le volume de la masse gazeuse à ce qu'il serait à la température et à la pression normales, nous remplaçons dans la formule (a) les lettres par leurs valeurs et nous avons :

$$V_0 = 40 \frac{(763 - 25)}{832,5}$$

Le tableau suivant donne en effet 832,5 pour la valeur du dénominateur à la tem-

paru intéressant de rapprocher de la série précédente les résultats sur les moûts provenant de l'expérience du 31 août. 10^{cc} de moût d'aramon contenant 87^{gr},50 de sucre par litre et 13^{gr},32 d'acides évalués en acide tartrique par litre ont été maintenus pendant 7 heures à la lumière diffuse et au contact de l'air confiné. L'analyse des gaz a fourni les résultats ci-après :

	Gaz primitif.	Gaz final.	Différences.
Volume total..........	36cc.25	35cc.57	— 0cc.68
Oxygène..............	7 .54	5 .78	— 1 .76
Azote................	28 .71	29 .79	+ 1 .08
Acide carbonique......	0 .0	0 .0	»

Il ressort de cette expérience que le jus de raisin a absorbé de l'oxygène, mais n'a pas produit de l'acide carbonique, tandis que les grains de raisins entiers et respirants en avaient produit pour le même poids et dans le même temps (0^{cc},217 × 7) 1^{cc},519 (voir tableau II). Ce fait démontre mieux que tout autre le rôle actif des

pérature de 26° et 25 pour la valeur de f à cette même température. En effectuant les calculs, on trouve, pour le volume de l'air sec à 0 et à 760, 35cc,3. La même marche a été suivie pour le calcul du volume final.

Table des valeurs de f *en millimètres et des valeurs de* 760 (1 + 0.00367 *t*) *de demi-degré en demi-degré pour toutes les températures comprises entre* 0 *et* 30°.

TEMPÉRATURE t.	VALEURS du dénominateur 760(1 + 0.00367 t)	TENSION de la vapeur d'eau f.	TEMPÉRATURE t.	VALEURS du dénominateur 760(1 + 0.00367 t).	TENSION de la vapeur d'eau f.	TEMPÉRATURE t.	VALEURS du dénominateur 760(1 + 0.00367 t).	TENSION de la vapeur d'eau f.
0	760	4.6	10.5	789.3	9.5	21	818.6	18.5
0.5	761.4	4.75	11	790.7	9.8	21.5	820.0	19.1
1	762.8	4.9	11.5	792.1	10.15	22	821.4	19.7
1.5	764.2	5.1	12	793.5	10.5	22.5	822.75	20.3
2	765.6	5.3	12.5	794.9	10.85	23	824.1	20 9
2.5	767.0	5.5	13	796.3	11.2	23.5	825.5	21.55
3	768.4	5.7	13.5	797.7	11.55	24	826.9	22.2
3.5	769.8	5.9	14	799.1	11.9	24.5	828.3	22.9
4	771.2	6.1	14.5	800.45	12.3	25	829.7	23.6
4.5	772.55	6.3	15	801.8	12.7	25.5	831.1	24.3
5	773.9	6.5	15.5	803.2	13.1	26	832.5	25.0
5.5	775.3	6.75	16	804.6	13.5	26.5	833.9	25.75
6	776.7	7.0	16.5	806.0	13.95	27	835.3	26.5
6.5	778.1	7.25	17	807.4	14.4	27.5	836.7	27.3
7	779.5	7.5	17.5	808.8	14.85	28	838.1	28.1
7.5	780.9	7.75	18	810.2	15.3	28.5	839.5	28.95
8	782.3	8.0	18.5	811.6	15.8	29	840.9	29.8
8.5	783.7	8.3	19	813.0	16.3	29.5	842.3	30.65
9	785.1	8.6	19.5	814.4	16.85	30	843.7	31.5
9.5	786.5	8.9	20	815.8	17.4			
10	787.9	9.2	20.5	817.2	17.95			

TABLEAU IV. — NOUVELLES EXPÉRIENCES DANS UNE ATMOSPHÈRE CONFINÉE D'HYDROGÈNE.

NUMÉROS D'ORDRE.	DATES des EXPÉRIENCES. 1877.	RAISINS EMPLOYÉS.	COULEUR du RAISIN.	Sucre par litre en grammes.	Acidité totale exprimée en acide tartrique par litre.	Poids du raisin en expérience.	Durée des expériences en heures.	Hydrogène primitif.	VOLUME FINAL. Volume total.	VOLUME FINAL. Hydrogène.	VOLUME FINAL. Acide carbonique.	Acide carbonique produit.	Hydrogène disparu.	Acide carbonique produit par 10 gr. de raisin en 1 h.
							OBSCURITÉ.							
				gr.	gr.	gr.	h.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.
38	31 août.......	Aramon.	Rouge.	87.5	13.3248	9.492	303/4	35.55	39.66	34.12	5.54	5.54	1.43	0.189
39	1er septembre.	»	»	97.5	13.0472	9.921	471/4	35.32	43.67	34 69	8.98	8.98	0.63	0.190
40	3 » .	»	»	104 3	13.4983	9.050	48 »	35 77	41.28	35.61	5.67	5.67	0.16	0.128
41	5 » .	»	»	75 »	13.533	9.136	72 »	35.82	46.10	35.76	10.34	10.34	0.06	0.156
42	9 » .	»	»	137.5	10.6876	9.425	77 »	35.81	49.61	35.33	14.28	14.28	0.48	0.196
43	28 » .	»	»	179.3	9.6119	8.540	96 »	37.02	46.88	36.52	10.36	10.36	0.50	0.125
44	17 octobre....	»	»	160 »	9.4384	6.567	661/4	37.08	39.00	36.62	2 38	2.38	0.46	0.047
45	28 septembre .	Verdal de Vaucluse.	Blanc et mûr.	150 »	7.9463	9.958	96 »	37.02	46.53	36.67	9.86	9.86	0.35	0.102
							LUMIÈRE DIFFUSE.							
46	18 octobre....	Aramon.	Rouge.	160 »	9.4384	8.434	9 »	37.49	37.72	37.29	0.43	0.43	0.20	0.056
							LUMIÈRE DIFFUSE ET OBSCURITÉ SUCCESSIVES.							
47	28 septembre .	Aramon.	Rouge.	179.3	9.6119	9.641	731/2	37.02	43.93	36.30	7.63	7.63	0 72	0.107
48	28 » .	Verdal de Vaucluse.	Blanc et mûr.	150 »	7.9463	8.455	731/4	37.02	43.48	36.42	7.06	7.06	0.60	0.113

cellules dans l'acte de la maturation du fruit et fait voir que les liquides qui sont contenus dans ces cellules sont incapables par eux-mêmes de subir des transformations d'ordre biologique.

TABLEAU III. — EXPÉRIENCES PRÉLIMINAIRES DANS UNE ATMOSPHÈRE CONFINÉE D'HYDROGÈNE (d'environ 40cc).

Numéros d'ordre.	DATES des EXPÉRIENCES. 1877.	RAISINS EMPLOYÉS.	COULEUR du RAISIN.	Poids du raisin en expérience.	DURÉE des expériences en heures.	GAZ FINAL.	
						ACIDE carbonique pour 100.	OXYGÈNE pour 100.
			OBSCURITÉ.				
30	3 août....	Aramon.........	Verte.....	gr. 6.773	23 »	4.44	0.00
31	8 août....	Aramon.........	Verte.....	6.908	79 1/2	22.56	0.00
32	13 août....	Petit-Bouschet...	Noire.....	7.527	10 »	13.04	0.00
			LUMIÈRE DIFFUSE.				
33	3 août....	Aramon.........	Verte.....	6.525	3 »	0.00	0.00
34	4 août....	Aramon.........	Verte.....	7.501	6 3/4	1.32	0.00
35	7 août....	Aramon.........	Verte.....	7.260	9 1/4	2.55	0.00
36	8 août....	Aramon.........	Verte.....	7.255	7 1/2	4.63	0.00
37	13 août....	Petit-Bouschet...	Noire.....	6.723	7 1/4	3.60	0.00

C. — *Expériences dans l'hydrogène.* — Le raisin a été placé dans 40cc environ d'hydrogène et le mode opératoire a été le même que les précédents. Nous donnons ci-après une série d'expériences préliminaires et un second tableau plus complet dans lequel on a tenu compte de la richesse en sucre et en acides. Il est important de noter que les dates des expériences dans l'hydrogène sont presque toutes concordantes avec les dates des essais dans l'air. Dans tous les cas, la même date correspond à l'emploi des mêmes raisins dans les mêmes conditions de température. Ce qui permet un rapprochement intéressant entre les tableaux II et IV.

D. — *Expériences dans l'air renouvelé.* — Nous avons installé un appareil dans une vigne pour opérer sur le raisin attaché à la grappe. A cet effet le fruit était placé dans un manchon en caoutchouc, de manière à l'isoler et à le soustraire à l'action de la lumière. Un courant d'air établi au moyen d'un gazomètre arrivait au raisin débar-

rassé de l'acide carbonique par son passage à travers des boules de Liebig à potasse. A la sortie l'acide carbonique était retenu par un appareil à potasse précédé d'un dessiccateur.

Les difficultés d'opérer en plein air ont été considérables à cause de l'impossibilité d'emprisonner les grappes sans les blesser et d'avoir un appareil hermétiquement clos. Nous avons été obligé de transporter l'expérience dans le laboratoire et d'opérer sur des raisins détachés. Voici le résultat de deux expériences. Dans la première on a fait passer 70 litres d'air environ, dans la seconde 28.

TABLEAU V. — EXPÉRIENCES DANS L'AIR RENOUVELÉ.

Nos d'ordre.	DATES 1876.	RAISINS EMPLOYÉS.	POIDS du raisin employé.	DURÉE des expériences en heures.	ACIDE carbonique produit.	ACIDE CARBONIQUE produit en 1 heure par 10 gr. de raisin.
			gr.		gr.	gr. cc.
49	12 sept...	Muscat d'Espagne long...	42	2	0.014	0.00165 = 0.834
50	15 sept. .	Verdal de Vaucluse......	100	1 1/2	0.017	0.00113 = 0.571

IV. — Discussion des expériences.

A. — Les expériences du tableau I nous montrent que l'acide carbonique est un terme constant de la respiration du raisin et que sa production persiste dans des conditions d'éclairage et d'obscurité variables, et aussi bien avec le raisin encore vert qu'avec le raisin mûr.

Dans les expériences du tableau II, nous avons analysé le phénomène dans ses détails en tenant compte des gaz absorbés et du rapport entre cette absorption, le poids du raisin et la durée de l'expérience.

Le volume final s'est trouvé presque constamment plus fort que le volume initial surtout dans les expériences qui ont eu une longue durée. Cette observation implique qu'en dehors des échanges entre l'air ambiant et le fruit il y a eu production de gaz par l'activité fonctionnelle du fruit lui-même.

Avant d'aborder le fond de cette discussion, il importe de faire ressortir l'impossibilité de déduire de nos expériences une conclusion absolue relativement à l'influence de l'éclairage et de l'état de matu-

ration sur l'émission de l'acide carbonique et sur l'absorption de l'oxygène. En effet, nous avons reconnu dans notre mode opératoire une lacune que nous espérons combler à la prochaine récolte et qui ne nous permet pas d'arriver aujourd'hui à tous les enseignements qu'on pourra tirer de ces expériences quand on sera fixé sur les actions différentes qu'exerce le milieu gazeux à mesure que se modifie sa composition. Ainsi, de même qu'un oiseau placé dans une atmosphère d'air confiné éprouve des phénomènes respiratoires dont l'activité décroît à mesure que l'acide carbonique qu'il excrète va en augmentant autour de lui, de même les grains de raisin se trouvant par le fait de leur propre respiration dans un milieu délétère, l'activité de leurs phénomènes respiratoires va en s'affaiblissant, exemple : les expériences 49 et 50, faites dans un courant d'air renouvelé, ont donné lieu à une proportion d'acide carbonique beaucoup plus considérable que celles qui ont été exécutées dans des atmosphères confinées.

Pour remplir cette lacune, nous disposerons des expériences d'une durée rigoureusement égale, qui nous permettront d'étudier avec certitude 1° l'influence de l'état de maturation du fruit, lorsque nous opérerons avec un raisin pris à ses diverses époques de maturité ; 2° l'influence des conditions d'éclairage, lorsque les expériences porteront sur le même raisin. Nous pensons également faire une série d'expériences avec des durées croissantes pour étudier la loi de la production de l'acide carbonique et de consommation de l'oxygène, et dans ce but nous nous adresserons à un même raisin divisé dans des cloches qui seront placées dans les mêmes conditions et examinées à des intervalles réguliers. En attendant, nous allons nous borner à apprécier les résultats de nos expériences sur les divers points où elles conservent toute leur valeur.

a. — Si nous cherchons quelle a été l'influence de l'*état de maturation du fruit*, nous voyons que pour un raisin d'un même cépage, expérimenté à ses diverses phases de développement dans les mêmes conditions d'obscurité ou d'éclairage, l'absorption d'oxygène va en s'atténuant à partir de la véraison. Si, pour éliminer les causes d'erreur dont nous avons parlé, nous ne comparons que les deux expériences (n°s 23 et 25) dont la durée a été égale, nous trouvons, pour le même cépage, une consommation de 0^{cc},476 d'oxygène lorsque le raisin était vert, et de 0^{cc},206 lorsque le raisin était coloré.

b. — L'*émission d'acide carbonique* s'exerce, nous l'avons dit

aussi bien à la lumière diffuse qu'à l'obscurité. Sa production correspond à la disparition de l'oxygène, et lorsque, comme dans les expériences 10 et 16, tout l'oxygène a été consommé, on voit l'acide carbonique continuer à se produire par une action propre des cellules du fruit.

Toutes les fois que l'expérience a eu une durée assez longue, tout l'oxygène a disparu. Ce fait est établi pour les feuilles fonctionnant à l'obscurité par les travaux de plusieurs physiologistes, notamment par ceux de MM. Bœhm, Dehérain et Moissan (1); nous montrons qu'il s'applique également au raisin, et pour lui donner ici toute sa valeur, nous devons noter qu'à la fin de l'expérience les raisins retirés de leurs cloches ont été reconnus parfaitement intacts.

De même que les expériences 23 et 25 démontrent que, toutes choses égales d'ailleurs, le raisin coloré a consommé moins d'oxygène que le raisin vert, nous trouvons dans les mêmes expériences que l'acide carbonique a été émis dans un rapport analogue.

c. — *Quelle relation existe-t-il entre l'oxygène absorbé et l'acide carbonique émis?*

Toutes les fois que les expériences n'ont pas duré plus de 24 heures, il est apparu moins d'acide carbonique qu'il n'y a eu d'oxygène consommé. Une partie de l'oxygène a donc été employée à des oxydations moins complètes que celles qui déterminent la production de l'acide carbonique.

Quand les expériences ont duré plus de 24 heures, la proportion d'acide carbonique émis a été au contraire supérieure à celle de l'oxygène consommé (sauf dans les expériences 13 et 28, où il y a eu presque égalité). Ce fait confirme l'opinion de M. Pasteur, qui veut que les cellules des fruits, affamées d'oxygène, fonctionnent comme les levûres alcooliques.

d. — La comparaison de *la richesse en azote* du gaz primitif avec celle du gaz final fait ressortir un écart, tantôt en plus, tantôt en moins et quelquefois presque une égalité. MM. Dehérain et Moissan, qui ont observé le même fait pour les feuilles, attribuent ces faibles différences à un phénomène de diffusion. Nous nous rangeons à cette manière de voir.

(1) *Annales des sciences naturelles* (*Botanique*), 5e série, t. XIX, 1874. *Recherches sur l'absorption d'oxygène et l'émission d'acide carbonique par les plantes maintenues dans l'obscurité* (1re partie), par Dehérain et Moissan.

Voir aussi Saint-Pierre et Magnien, *Recherches sur les gaz contenus dans les fruits du baguenaudier.* (*Annales agronomiques*, 1876.)

B. — Les expériences dans l'hydrogène ont été constamment accompagnées d'une production notable d'acide carbonique, et le volume du gaz à la fin de l'expérience est toujours plus considérable qu'au début. Cependant une petite portion de l'hydrogène disparaît, probablement par suite de sa diffusion dans le fruit. Dans aucune des expériences on n'a trouvé trace d'oxygène. Le tableau VI ci-après offre les résultats comparatifs entre les expériences des tableaux précédents.

C. — Si nous nous demandons par quel mécanisme la quantité d'oxygène disparu est plus grande que celle qui répond à la quantité d'acide carbonique produit, et d'un autre côté comment une proportion considérable d'acide carbonique a pu se dégager au sein d'un gaz inerte, tel que l'hydrogène, nous sommes amenés à rapprocher les faits observés par nous des expériences bien connues de divers physiologistes (de Saussure, Dehérain et Moissan, etc.), qui ont obtenu des résultats analogues.

TABLEAU VI. — COMPARAISON DES EXPÉRIENCES DANS L'AIR ET DANS L'HYDROGÈNE.

DATES des EXPÉRIENCES 1877.	EXPÉRIENCES DANS L'AIR.			EXPÉRIENCES DANS L'HYDROGÈNE		
	NUMÉROS	DURÉE.	Acide carbonique produit par 10 gr. de raisin en 1 heure.	NUMÉROS	DURÉE.	Acide carbonique produit par 10 gr. de raisin en 1 heure.
			OBSCURITÉ.			
		heures.	cc.		heures.	cc.
31 août........	11	30	0.217	38	30 3/4	0.189
1er septembre..	12	47	0.146	39	47 1/4	0.190
3 septembre....	13	48	0.135	40	48	0.128
5 septembre....	14	72 1/4	0.108	41	72	0.156
9 septembre....	15	77	0.179	42	77	0.196
28 septembre...	17	96 1/4	0.085	43	96	0.125
17 octobre.....	18	67	0.085	44	66 1/4	0.047
28 septembre...	20	96 1/2	0.081	45	96	0.102
			LUMIÈRE DIFFUSE.			
18 octobre.....	25	9	0.166	46	9	0.056
			LUMIÈRE DIFFUSE ET OBSCURITÉ SUCCESSIVES.			
28 septembre...	27	73	0.103	47	73 1/2	0.107
28 septembre...	28	73	0.059	48	73 1/4	0.113

Dans le cas où l'expérience a lieu dans l'air et a peu de durée, l'oxygène absorbé ne sert pas exclusivement à former de l'acide

carbonique. Nous montrerons plus loin que la peau du raisin est essentiellement endosmotique; il est donc évident que l'oxygène ambiant va pénétrer dans la pulpe du raisin et exercer d'abord son action sur les corps les plus oxydables, de telle sorte que l'acide carbonique dégagé sera constamment remplacé par voie d'échange par une nouvelle quantité d'oxygène qui se combinera à son tour. Ce fait explique très-bien comment il se produit un courant marqué d'oxygène vers l'intérieur du raisin et d'acide carbonique vers l'extérieur.

Mais ce n'est pas toujours de l'acide carbonique qui se produit. En effet, dans l'économie végétale aussi bien que dans l'économie animale, l'acide carbonique est loin d'être le terme unique des oxydations respiratoires (1). Les hydrates de carbone s'oxydent pour se métamorphoser en acides (Dehérain et Moissan) et le raisin est particulièrement riche en acides tartrique, malique citrique, etc.

Dans le cas où l'expérience a eu lieu dans l'air et s'est prolongée plus de 24 heures sans durer assez pour consommer tout l'oxygène, on constate presque toujours une production d'acide carbonique plus grande que celle qu'a pu fournir l'oxygène disparu. L'origine de cet acide carbonique n'est pas difficile à expliquer. Le raisin, en effet, avant d'être placé dans nos cloches, subissait l'action de l'air atmosphérique et s'enrichissait de composés oxygénés. Quoi d'étonnant qu'un excès d'oxygène vienne saturer ces composés et faire apparaître non-seulement l'acide carbonique qui lui correspond, mais encore l'acide carbonique formé aux dépens de l'oxygène des principes immédiats contenus dans le fruit?

Dans le cas où, par suite d'une consommation totale de l'oxygène, le raisin se trouve dans une atmosphère d'acide carbonique, et dans le cas où il se trouve au sein d'une atmosphère d'hydrogène, on constate encore d'une façon plus apparente cette émission d'acide carbonique due tout entière aux réactions qui se produisent entre les matériaux du fruit.

D. — Lorsque nous cherchons à interpréter les résultats de nos analyses relativement *aux variations du sucre et des acides*, nous voyons le sucre augmenter avec la maturation (malgré des oscillations qui sont dues à la différence inévitable entre les échantillons de raisins soumis à l'expérience).

(1) *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, 1865. Estor et Saint-Pierre, *Du siége des combustions respiratoires*.

La richesse en acides suit une progression inverse; elle diminue à mesure que le raisin mûrit et que le sucre augmente, ainsi que le montre le tableau VII. Mais si nous examinons des raisins qui ont

TABLEAU VII. — RICHESSE COMPARÉE DE L'ARAMON EN SUCRE ET EN ACIDES SUIVANT LA MATURATION.

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	DATES DES EXPÉRIENCES 1877.	SUCRE par litre EN GRAMMES.	ACIDITÉ TOTALE évaluée EN ACIDE TARTRIQUE par litre.
11	31 août............	87.5	gr. 13.32
12	1er septembre......	97.5	13.04
13	3 septembre........	104.3	13.49
14	5 septembre........	75 »	13.53
15	9 septembre........	137.5	10.68
16	12 septembre.......	140 »	»
17	28 septembre.......	179.3	9.61
18	17 octobre.........	160	9.43

dépassé le moment de la maturation, la proportion d'acides reste constante et la quantité de sucre va en diminuant. En tenant compte de ces faits et de ceux qui ont été exposés précédemment, on peut expliquer le mécanisme de la maturation de la façon suivante : le raisin encore vert reçoit par la séve une solution d'acides végétaux, de sels minéraux et de glucose, en même temps qu'une partie de ses hydrates de carbone s'oxyde pour se transformer en acides par une de ces combustions incomplètes que nous avons déjà rappelées.

$$\underbrace{2(C^{12}H^{12}O^{12})}_{\text{Glucose.}} + 18O = \underbrace{3(C^{8}H^{6}O^{12})}_{\text{Acide tartrique.}} + 6HO.$$

$$\underbrace{2(C^{12}H^{10}O^{10})}_{\text{Amidon.}} + 18O = \underbrace{3(C^{8}H^{6}O^{12})}_{\text{Acide tartrique.}} + 2HO.$$

C'est sur ce milieu complexe qu'agit l'oxygène de l'air, et son action doit évidemment se porter sur les composés déjà oxydés pour les brûler complétement et les amener à l'état d'eau et d'acide carbonique, d'après les équations suivantes :

$$\underbrace{C^{8}H^{6}O^{12}}_{\text{Acide tartrique.}} + O^{10} = \underbrace{8CO^{2}}_{\text{Acide carbonique}} + 6HO.$$

$$\underbrace{C^8H^6O^{10}}_{\text{Acide malique.}} + 12O = \underbrace{8CO^2}_{\text{Acide carbonique.}} + 6HO.$$

$$\underbrace{C^{12}H^8O^{14}}_{\text{Acide citrique.}} + 18O = \underbrace{12CO^2}_{\text{Acide carbonique.}} + 8HO.$$

Mais on sait que ces acides organiques sont beaucoup plus oxydables à l'état de liberté qu'à l'état de combinaison avec des bases, même lorsqu'ils ne sont retenus par ces bases qu'à l'état de sels acides. On conçoit donc que la combustion de l'acide tartrique libre, par exemple, ou que celle du bitartrate de potasse soit plus difficile à un moment donné que celle du glucose lui-même. Il arrive donc une période dans la maturation du fruit où l'excès des acides a disparu à l'état d'acide carbonique et d'eau et où le glucose est lui-même oxydé. C'est ainsi que nous expliquons la diminution de la proportion de sucre dans les raisins qui ont dépassé un certain degré de maturation.

Le fait des raisins de paille que l'on conserve pour augmenter leur richesse en sucre n'infirme en rien l'explication précédente ; si le sucre augmente chez eux d'une façon relative, c'est le résultat d'une perte d'eau considérable par dessiccation. Quant à la combustion interne qui s'exécute dans nos laboratoires lorsque le raisin est placé dans un gaz inerte, elle emprunte son oxygène aux matériaux du raisin lui-même, qui se dédoublent en corps saturés d'oxygène, tels que l'acide carbonique, et en composés relativement moins oxygénés, tels que l'alcool (Lechartier et Bellamy).

$$\underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Glucose.}} = 2\underbrace{(C^4H^6O^2)}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{4CO^2}_{\text{Acide carbonique.}}.$$

V. — Expériences sur les échanges d'eau entre le raisin et l'atmosphère.

La question de la richesse en sucre et en acides du jus qui gorge le raisin dépend dans une large mesure de la proportion d'eau qui constitue ce liquide, appelé *verjus* dans le raisin vert et *moût* dans le raisin mûr. Il est évident que la quantité d'eau que l'on y rencontre est le résultat soit de l'apport des liquides intérieurs, soit de la perte ou du gain que le raisin peut faire suivant l'état hygrométrique de l'atmosphère.

On sait, d'autre part, d'après les expériences si intéressantes de M. Duchartre (1), que les feuilles n'absorbent ni la vapeur d'eau ni l'eau qui les mouille. Il nous a paru indispensable de connaître le fonctionnement du raisin dans des conditions analogues, et c'est dans ce but que nous avons institué les expériences ci-après :

Expérience 51 (11 octobre 1875). — Un raisin d'aspiran noir récolté au Rochet, mûr et pesant 183gr,380, a été placé dans une étuve chauffée de 35° à 40°. On avait préalablement enlevé avec soin tous les grains gâtés, tachés ou percés. On a noté, comme il est établi ci-dessous (tableau VIII), la perte en poids au bout d'un nombre d'heures connu.

TABLEAU VIII. — EXPÉRIENCE 51. — RAISIN DANS L'AIR SEC.

DATES 1875.	DURÉE de la chauffe ou du séjour dans l'air humide.	POIDS DU RAISIN employé.	PERTE.	GAIN.	
	heures.	gr.	gr.		
11 octobre.......		183.380			
11 octobre.......	7	179.400	3.98		
12 octobre.......	4	178.050	1.35		
13 octobre.......	4				
14 octobre.......	4				
15 octobre.......	4	169.957	8.093		
			13.423		Perte totale.
EXPÉRIENCE 51. — RAISIN DANS L'AIR HUMIDE.					
16 octobre.......		169.957			
18 octobre.......	48	170.457		0.500	
21 octobre.......	72	181.428		10.971	
				11.471	Gain total..

Le même raisin, après avoir servi à cette expérience du 11 au 15 octobre, a été placé sous une cloche remplie d'air saturé d'humidité et soumis à des pesées à des intervalles déterminés. On a mis fin à l'expérience lorsque les grains ont commencé à s'altérer.

Cette expérience démontre que les raisins sont capables de perdre

(1) Duchartre, *Comptes rendus*, t. XLII, 1856; et t. XLVI, 1858.

et de gagner de l'humidité. Un raisin mûr a perdu en 23 heures de chauffe environ 7 p. 100 de son poids et a été capable de reprendre presque toute l'eau qu'il avait perdue en 5 jours d'exposition à l'air humide..

Expériences 52 *et* 53 (17 novembre 1875). — Le 17 novembre, des raisins de Damas violet ont été placés, l'un dans l'étuve de 35 à 40°, l'autre dans l'air humide et observés comme dans l'expérience précédente. Ce nouvel essai a été fait dans des conditions meilleures, puisque le raisin n'avait pas subi une dessiccation préalable, et on a constaté qu'il était capable d'absorber de l'eau empruntée à l'atmosphère. (Voir tableau IX.)

TABLEAU IX. — EXPÉRIENCE 52. — RAISIN DANS L'AIR SEC.

DATES 1875.	DURÉE de la chauffe ou du séjour dans l'air humide.	POIDS DU RAISIN employé.	PERTE.	GAIN.	
	heures.	gr.	gr.		
17 novembre.....		168.21			
17 novembre.....	9	163.51	4.70		
22 novembre.....	4	153.76	9.75		
26 novembre.....	4	142.74	11.02		
28 novembre.....	4	139.86	2.88		
1er décembre....	4	139.16	0.70		
4 décembre.....	4	138.13	1.03		
10 décembre.....	4	137.76	0.37		
			30.45		Perte totale.
EXPÉRIENCE 53. — RAISIN DANS L'AIR HUMIDE.					
				gr.	
17 novembre.....		174.920			
18 novembre.....	24	174.970		0.050	
22 novembre.....	96	174.770	0.20		
23 novembre.....	24	174.740	0.03		
26 novembre.....	72	174.710	0.03		
			0.26		Perte totale.
28 novembre.....	48	174.770		0.060	
1er décembre....	72	174.890		0.120	
4 décembre.....	72	175.870		0.980	
10 décembre.....	144	175.875		0.005	
				1.215	Gain total..

VI. — Des conditions de la maturation du raisin.

A. — *Chaleur*. — L'humidité, la lumière et la chaleur jouent un rôle considérable dans la maturation du raisin et la *chaleur* a un rôle si prépondérant qu'elle a préoccupé les physiologistes.

Chacun sait que les années chaudes sont marquées par des vendanges précoces et que les climats méridionaux produisent des raisins plus sucrés. On n'a pas fait encore d'expériences rigoureuses sur la quantité de chaleur absorbée par les raisins pour atteindre tout leur développement. Cependant M. de Vergnette-Lamotte (1) a dressé le tableau ci-après, présentant, en regard des années de la récolte, la somme des températures maxima observées chaque jour depuis la fin de la floraison jusqu'à la vendange. Il est remarquable de voir les maximums et les minimums de cette période coïncider, chacun de leur côté, avec les meilleures et les plus mauvaises récoltes en qualité. Bien que la méthode employée par M. de Vergnette-Lamotte ne conduise pas à la notion de la chaleur absorbée, nous devons reconnaître qu'elle contient une expression vraie, celle de la chaleur de l'atmosphère, dont l'influence sur le raisin est considérable.

Années.	Nombre de jours de la floraison à la vendange.	Somme des maximums de température.
1838	100	2210
1839	98	2099
1840	92	2198
1841	97	2026
1842	97	2357
1843	96	2195
1844	99	2234

B. — *Des moyens de hâter la maturation.*

a. — *L'incision annulaire* appliquée aux sarments de la vigne après la formation des grains hâte la maturation de 15 à 20 jours. Contrairement à ce qu'avait annoncé le comte Odart, les raisins incisés se sont trouvés au moins aussi riches en glucose que les autres.

b. — Un autre moyen de hâter la maturation consiste à placer la vigne sous *des abris et contre des murs*. Dans ce cas-là, c'est à la fois à la chaleur et à la lumière que l'on s'adresse pour enrichir le raisin en sucre; mais on peut arriver au même résultat en disposant les grappes après la récolte sur un lit de paille. Elles acquièrent alors, sous le nom de *raisins de paille*, par l'évaporation, un degré saccharimétrique plus élevé, et par l'action de l'air, une diminution relative de la proportion d'acides à la suite des phénomènes respiratoires dont nous avons donné plus haut l'explication.

(1) De Vergnette-Lamotte, *le Vin*. Paris, librairie agricole.

c. — L'influence de l'*effeuillage* sur la maturation du raisin est mise à profit dans les pays du Nord ; mais il est nécessaire de n'exécuter cette opération qu'après la véraison. Les feuilles, en effet, sont les réservoirs des sucs qui viennent alimenter le raisin, et un effeuillage précoce peut être suivi d'une action nuisible.

d. — Nous avons constaté avec tout le monde que les vignes *taillées à long bois* présentent une maturation un peu plus tardive. M. Fleurot a démontré que les raisins des vignes en taille longue contenaient moins de sucre.

C. — *Effets du soufrage sur la maturation.* — L'opinion générale, dans le département de l'Hérault, est que les vendanges sont devenues plus précoces depuis l'époque où la pratique du soufrage s'est généralisée dans cette région. M. Henri Marès, dont la compétence est si grande en viticulture, a publié dans le *Livre de la ferme* (1) un tableau indiquant l'époque de l'ouverture des vendanges dans son domaine de Launac, durant une période qui permet de saisir l'action du soufrage. M. Marès a bien voulu nous donner les indications complémentaires jusqu'à la présente année.

Le tableau X résume ces indications depuis 1838 jusqu'à 1877.

TABLEAU X. — ÉPOQUES DE L'OUVERTURE DES VENDANGES A LAUNAC, PRÈS MONTPELLIER, D'APRÈS UNE NOTE COMMUNIQUÉE PAR M. HENRI MARÈS.

ANNÉES.	DATES de l'ouverture DES VENDANGES.	ANNÉES.	DATES de l'ouverture DES VENDANGES.
1838	1er octobre.	1858	6 septembre.
1839	25 septembre.	1859	1er »
1840	19 »	1860	12 »
1841	20 »	1861	11 »
1842	16 »	1862	4 »
1843	25 »	1863	31 août.
1844	19 »	1864	29 »
1845	22 »	1865	4 septembre.
1846	17 »	1866	4 »
1847	13 »	1867	27 août.
1848	21 »	1868	1er septembre.
1849	14 »	1869	7 »
1850	18 »	1870	29 août.
1851	19 »	1871	7 septembre.
1852	21 »	1872	2 »
1853	19 »	1873	2 »
1854	8 »	1874	3 »
1855	15 »	1875	6 »
1856	15 »	1876	7 »
1857	14 »	1877	3 »

(1) *Livre de la ferme*, par Joigneaux, t. II, page 369.

Le soufrage a été commencé en 1854 et le phylloxera est apparu en 1873. Nous possédons donc une observation de 40 années consécutives dont 16 antérieures au soufrage. On y voit clairement qu'avant le soufrage les vendanges n'ont commencé à Launac que dans la deuxième quinzaine de septembre et une fois même en octobre, tandis que depuis l'époque où la vigne reçoit du soufre la vendange a toujours eu lieu dans la première quinzaine de septembre, très-souvent dans les premiers jours du mois et quelquefois en août.

Quant au rôle du soufrage, il peut s'expliquer par une action spéciale du soufre sur la végétation. Cette action s'exercerait soit directement sur les feuilles, soit sur la plante entière, à la suite des effets que produit le soufre dans le sol lorsqu'il s'est transformé en acide sulfurique (1).

VII. — Observations sur le degré gleucométrique des moûts.

L'élévation du degré aréométrique des moûts (aréom. Bé) est en rapport direct avec la richesse en sucre, c'est-à-dire avec la maturation. S'il n'est pas rigoureusement possible de conclure des indications de l'aréomètre au poids du sucre contenu dans un litre de moût, il n'en est pas moins vrai que, dans la pratique, les agriculteurs trouvent dans cet instrument un moyen d'appréciation d'une grande utilité. On peut donc se servir de l'aréomètre comme élément de comparaison. C'est dans cet ordre d'idées que nous avons noté à Rochet, dans les environs de Montpellier, les richesses des moûts des différents cépages. L'observation a porté sur une période de cinq ans, de 1870 à 1875, et on a déterminé pour les cépages du pays l'époque à laquelle leur moût avait atteint 9 à 10° à l'aréomètre de Baumé.

Dates.	Cépages.
Du 15 au 31 juillet.............	Muscat précoce de Courtillier. Joannen.
Du 1er au 15 août..............	Muscat du pays. Chasselas blanc. Muscat rouge.
Du 15 au 30 août..............	Cinsaut. Chasselas violet.

(1) *Comptes rendus*, 1869, t. LXIX, page 974. *Des transformations que subit le soufre en poudre quand il est répandu sur le sol*, par Henri Marès.

Dates.	Cépages.
Du 25 août au 10 septembre....	Aspiran noir. Brun fourcat. Alicante (Grenache).
Du 1er au 15 septembre........	Aramon. Carignane. Mourastel du pays.
Du 10 au 20 septembre........	Terret noir.
Du 15 au 30 septembre.........	Terret Bourret.

Dans le Midi nous avons vu la densité des moûts aller en croissant à mesure que la maturation s'avance. Nous avons observé pourtant en 1875 le fait exceptionnel suivant : au commencement de septembre, une vigne de grenache donnait des moûts de 8 à 9°; le 9 septembre, le titre s'était élevé à 9 $^1/_2$. A ce moment, des pluies considérables et continues suspendirent les travaux des vendanges pendant 10 à 12 jours; les raisins grossirent beaucoup, mais le titre aréométrique ne s'éleva pas malgré la chaleur. Puis tout d'un coup, le 20 septembre, le soleil apparut, le moût devint plus riche et il atteignit rapidement, le 23 septembre, de 11 à 12°.

L'explication de ce fait se trouve tout entière dans les expériences que nous avons indiquées ci-dessus sur l'absorption de l'eau par les raisins.

Nous consignons ci-après, à titre de renseignement, les richesses des moûts des cépages de quelques vignobles :

	Localités.	Cépages.	Degrés aréométriques du moût.	Observateurs.
ESPAGNE.	La Palmosa.........	Moscatel........	13°	SIMÉON ROXAS CLEMENTE.
	Paxarète...........	Perrumoduro	14°	
	—	Cienfuentes......	13°	
	San Lucar..........	Jaën noir........	11°,5	
	Chipiona...........	Tintilla.........	15°	
HÉRAULT.	Montpellier.........	Aramon.........	9°,50	
	—	Terret Bourret...	8°,20	
	—	Carignane.......	10°	
	Mèze...............	Alicante.........	14°,5	
	École d'agriculture..	Petit Bouschet...	11°,2	
	—	Teinturier.......	13°	
BOURGOGNE.	Gevrey-Chambertin..	Pinot...........	11°,5	(Moyenne de 11 ans.)
	— ..	Gamay..........	10°,4	(Moyenne de 10 ans.)
		Gros verrot......	9°	
		Petit verrot......	10°,8	
	Auxerre...........	Côte...........	11°,2	

	Localités.	Cépages.	Degrés aréométriques du moût.	Observateurs.
Raisins américains récoltés en France.	Environs de Montpellier (École d'agriculture).	Diana	10°,8	C. SAINTPIERRE ET MAGNIEN.
	— —	Elvira	10°,3	
	— —	Concord	9°,9	
	Lattes	Jacquez	12°,2	
	—	Black July	14°,3	
	Méric	Herbemont	11°,5	
	—	Cunningham	13°,0	
	Mauguio	Clinton	13°,8	
	—	Lenoir	12°,5	
	Montpellier	Cynthiana	12°,5	
	—	Eumelan	12°	
	—	Rulander	14°,5	

CONCLUSIONS.

Des expériences consignées dans le présent mémoire nous concluons :

1° Les raisins, à l'époque de leur maturation, dégagent de l'acide carbonique soit à l'obscurité, soit à la lumière ;

2° Ce dégagement a lieu aussi bien dans un gaz inerte que dans l'air ;

3° La quantité d'acide carbonique produit est toujours supérieure à la quantité d'oxygène consommé quand l'expérience a une durée suffisante ;

4° Les raisins sont capables d'absorber ou de perdre de l'eau lorsqu'on les maintient dans un milieu humide ou dans un milieu sec ;

5° Quand la maturation s'avance, les acides diminuent et le sucre augmente ;

6° Le mécanisme de la maturation est le suivant : les acides et le glucose se forment dans la plante et la séve les conduit au raisin. Les acides y sont brûlés, tandis que le sucre s'y concentre. Quand la maturation est très-avancée, le sucre est brûlé à son tour.

Ces travaux ont été exécutés dans les laboratoires de l'École d'agriculture de Montpellier.

Montpellier, le 30 janvier 1878.

NOTE SUR LES PRINCIPALES MALADIES DU LIN

PAR

M. A. RENOUARD,

Filateur de lin.

L'étude des divers états pathologiques du lin n'a pas encore été faite et le nom même des maladies de cette plante est à peine signalé parmi les ouvrages d'agriculture les plus répandus. Il n'est pas douteux cependant que leur examen ne présente beaucoup d'intérêt et ne conduise à des conséquences importantes pour l'agriculture. Notre intention n'est pas de faire une étude détaillée de ces maladies : ce travail non-seulement présenterait beaucoup de difficultés si l'on considère la petitesse de la plante, mais il serait encore très-long, car chaque maladie demande à être étudiée minutieusement. Nous voulons seulement attirer l'attention sur un point dont on s'est peu préoccupé jusqu'ici.

Les diverses affections spéciales au lin, que nous connaissons dans le Nord, sont désignées par les cultivateurs sous les noms suivants :

1° Le *feu* ou *charbon*, qui noircit la plante dans sa partie supérieure et la jaunit dans la partie inférieure;

2° Le *rouge*, annoncé par la teinte rougeâtre de l'extrémité des tiges;

3° La *rouille*, caractérisée par la présence de taches brunâtres;

4° Le *jaune*, qui se reconnaît au jaunissement prématuré de la plante;

5° L'*étêtement*, qui fait d'abord incliner la plante, puis tomber les sommités des tiges et provoque en leur milieu ou au pied l'émission de nouveaux bourgeons qui remplacent ceux qui sont détruits;

6° Le *miellat*, que l'on reconnaît à la présence sur les feuilles d'une matière visqueuse et sucrée;

7° Le *cabotage*, qui amène les tiges à fleurir avant maturité et fait ensuite tomber les fleurs avant qu'elles soient écloses;

8° La *brûlure*, qui dessèche complétement la tige sous ses différents états;

9° Enfin le *champignon*, qui rend la paille noire et poudreuse et sur lequel nous aurons à revenir tout à l'heure.

Ces divers genres de maladies ne sont guère connus que des cultivateurs de lin. Voici à peu près ce qu'on pense vulgairement de chacun d'eux :

Le *feu* est attribué par les cultivateurs à l'emploi des fumiers longs et pailleux, ammoniacaux, à l'usage trop multiplié des tourteaux de colza, au retour trop fréquent du textile sur le même sol fumé aux engrais d'étable.

Le *rouge* est vraisemblablement causé par une sécheresse prolongée : les parties attaquées résistent au rouissage.

On attribue la *rouille* à l'action de la grêle. Cette maladie ne peut jamais compromettre une récolte; souvent les taches qui la caractérisent ne se voient plus après rouissage, mais dans certains cas elles produisent des irrégularités sur la fibre rouie et teillée. Il est à remarquer qu'elle n'a aucun rapport avec les maladies des végétaux qui portent le même nom et qu'elle n'est certainement pas produite par des cryptogames : elle ne ressemble donc ni à la rouille du blé que le botaniste allemand Unger croyait être un exanthème propre au végétal et que l'on sait maintenant formée par des champignons parasites du genre *uredo*, ni à la rouille blanche des crucifères que produit en particulier le développement d'un parasite appartenant au genre *cystopus*.

La maladie dite *jaune* est certainement amenée par les chaleurs subites : la plante meurt, faute d'eau, avant d'avoir atteint sa maturité.

La cause probable de l'*étêtement*, selon les uns, est encore inconnue, et selon d'autres, est due à une succession intermittente de grandes pluies. La filasse dans ce cas prend une mauvaise teinte et est fort dépréciée : un temps doux et chaud peut seul la sauver du dépérissement. Dans certaines contrées, cette maladie prend encore le nom de *regermelage*.

Le *miellat* s'observe surtout dans les endroits ombragés. A tort ou à raison, les cultivateurs attribuent cette maladie au puceron, cependant nous avouons n'en avoir pu observer un seul sur les tiges atteintes.

Enfin le *cabotage*, maladie que nous avons observée en Picardie et qu'on confond souvent avec le jaune à cause du fanage rapide de la tige, a une origine assez singulière. On dit, en effet, que ce fléau provient de l'habitude qu'ont les cultivateurs de ce pays, sous prétexte d'entretenir de l'humidité au pied du lin, de couvrir leurs

champs d'une grande quantité de fumier d'étable très-consommé : cet excès d'un seul engrais favoriserait alors le développement des insectes, qui rongeraient la racine de la plante dont on a excité trop rapidement la croissance.

Nous avons encore signalé la *brûlure* et le *champignon :* sur ces deux maladies qui ont été assez communes ces dernières années, nous aurons quelques observations spéciales à présenter.

Brûlure.

Cette maladie présente deux aspects bien différents suivant qu'elle s'attaque aux tiges dès le principe ou au milieu de leur croissance. Dans le premier cas, les lins ne peuvent pas croître, ou ils restent verts, ou bien, au bout d'un certain temps, ils deviennent, comme on dit, *hongreux* et complétement desséchés, comme s'ils étaient passés au feu. La brûlure est alors souvent désignée sous le nom de *froid-feu.* Dans le second cas, l'extrémité des tiges s'affaisse, elle se boucle et la maladie prend alors le nom de *frisure.* Lorsque le lin *brûlé* ou *frisé* est arraché, le chevelu qui constitue la racine tombe beaucoup plus vite que lorsque la croissance de la tige a été bonne et régulière.

On a donné à la brûlure des origines multiples. M. Ladureau, qui a étudié cette maladie l'année dernière, en a cité un grand nombre (1) : l'extrême sécheresse ou l'humidité prolongée de la terre, le tassement accidentel du sol, etc.; mais parmi les causes matérielles de la brûlure, deux surtout sont connues; ce sont :

1° Le rapprochement de deux linières, dont une de l'année précédente;

2° Les semis de lin successifs sur le même sol.

On se le rappelle, en effet, en entretenant les lecteurs des *Annales agronomiques* de la *rotation des lins* (t. II, p. 20), nous avons dit que « le lin craignait le lin », c'est-à-dire que lorsqu'un champ de lin se trouvait placé dans le voisinage d'un autre ou rapproché d'une terre sur laquelle on avait semé du lin l'année précédente, les tiges limitant le champ se trouvaient *brûlées;* cette brûlure allant souvent jusqu'à 10 mètres et s'étendant parfois à une distance plus grande du bord du champ. Pour se préserver de ce

(1) *Assoc. franc. pour l'av. des sciences*, t. V, p. 893.

contact, nos cultivateurs du Nord garnissent tout simplement de paillassons en paille d'*avoine*, à peu près à hauteur d'homme, la bordure de séparation des deux linières, actuelle et ancienne, à l'époque de la floraison et dans la direction du vent. Cette précaution suffit pour conjurer le mal, et, chose extraordinaire, les agriculteurs tiennent beaucoup à l'emploi de la paille d'avoine; les pailles de seigle et de blé ne produiraient pas, suivant eux, le même résultat.

D'un autre côté, nous avons dit aussi que pour éviter le trop grand rapprochement des semis, qui engendre aussi la brûlure, on n'avait d'autre remède que les rotations à long terme.

Or on a attribué depuis longtemps la brûlure du lin à l'absence de potasse dans le sol (1).

Il est à remarquer à ce sujet que plusieurs des maladies qui ont attaqué les végétaux ont eu tout d'abord pour origine supposée un épuisement du sol en diverses matières minérales et particulièrement en potasse, on a donné notamment cette cause à la maladie des pommes de terre; toujours des études plus approfondies ont montré que ces suppositions étaient inexactes, et il nous paraît probable qu'il en sera de même pour la brûlure du lin.

Les deux expériences suivantes tendent d'ailleurs à confirmer cette opinion :

I. En 1876, sur une terre située à Terramesnil, près Doullens, nous avons fait étendre un engrais chimique à base de potasse, dont nous avons donné la composition (t. II, p. 23). Cette terre se trouvait voisine d'une autre qui en avait porté l'année précédente. A peu près vers le milieu du champ, nous avons conseillé au cultivateur d'élever des paillassons d'avoine; il le fit. Or, au moment de la récolte, les deux extrémités du champ se trouvèrent *bordurées* (expression d'usage), la partie médiane fut intacte. L'engrais était cependant répandu tout aussi bien au milieu du champ qu'aux deux bouts. Que penser ici du rôle de la potasse?

II. En 1875, nous avons fait ensemencer en lin de Riga deux parcelles de 52 m. c. environ à l'Institut agronomique de Lille, avec intention de répéter ces semis chaque année et à la même place aussi longtemps que cela nous serait possible. La récolte de 1875 réussit bien, mais la qualité du lin fut assez médiocre; celle de

(1) *Bulletin de la Société d'agriculture de Belgique*, 1870, p. 110. — Voir aussi *Ass. fr. pour l'av. des sciences*, loc. cit.

1876 ne fut qu'un peu au-dessous de la moyenne ordinaire, ce qui nous prouva que les engrais de potasse avaient encore assez de puissance pour *forcer* la croissance du lin *en seconde année*. Mais en 1877, le lin fut presque totalement brûlé : à une extrémité il était rouge, et nous voulons bien admettre que la forte sécheresse et les ardeurs du soleil de juin contribuèrent quelque peu à le perdre, mais à l'autre extrémité il se trouva frisé, puis desséché, et nons jugeâmes complétement inutile de faire les frais du rouissage et du teillage de cette partie. Nous dûmes forcément conclure de là que le lin pouvait très-bien brûler *malgré* la potasse.

A quelle cause faut-il dès lors attribuer la brûlure du lin? nous l'ignorons. M. A. Ladureau, qui a encore étudié dernièrement la question, semble aujourd'hui principalement l'attribuer à la présence d'un insecte, le *Tryps thysanoptère*. Nous renvoyons nos lecteurs à son mémoire (1).

Champignon.

Le *champignon*, autre maladie dont les cultivateurs ont beaucoup souffert cette année, ne s'attaque guère qu'aux lins arrivés au terme de leur végétation; il est caractérisé par la présence d'un grand nombre de productions cryptogamiques qui entourent la tige et qui tantôt se fixent à sa partie inférieure seulement, tantôt se concentrent au sommet, qu'ils forcent à se courber de manière à justifier le nom d'*endossure* donné à cette affection spéciale. Les dénominations de chauffouré, desséché, en sont synonymes : *chauffouré*, parce que les feuilles qui supportent les tiges deviennent friables comme si elles avaient séjourné dans un four; *desséché*, en raison du ton jaunâtre que prennent les linières soumises à l'influence du fléau.

La plante champignonnée ne peut plus croître et est devenue si fragile qu'il est difficile de l'arracher du sol sans y laisser une bonne partie du pied. La tige est alors très-petite et extrêmement ténue, les feuilles se foncent de plus en plus à partir de la racine jusqu'au sommet où elles sont complétement noires, les fleurs qui existent au commencement de la maladie sont plus petites que d'ordinaire et tombent rapidement, souvent même elles avortent et meurent avant d'être fécondées. Souvent la couleur jaune des linières s'étend sur

(1) *Arch. de l'agr. du nord de la France*, t. XXVI, p. 281

toute la pièce, parfois aussi elle ne se montre que par place, de même que, suivant les années, les lésions morbides enveloppent plusieurs ares d'un seul coup ou encore n'attaquent que des pieds isolés.

Mais ce qui caractérise surtout la maladie, c'est la présence des végétaux cryptogamiques.

Il y a deux périodes distinctes dans la marche de la maladie : la première durant laquelle les champignons du lin commencent à se former, alors la vie de la plante n'est pas encore menacée et ses fonctions végétales n'en souffrent nullement; la seconde, qui nous fait voir ces champignons en pleine vigueur interposés entre les fibres et exerçant sur la tige une action de désorganisation complète.

Durant la *première période*, des pustules apparaissent irrégulièrement disséminées sur le collet; elles conservent tout d'abord la couleur verte de la plante, et ce n'est qu'au moyen d'une lentille assez forte qu'on peut exactement les apercevoir en saillie sur la tige; puis, au bout de quelques jours, leur couleur est redevenue rousse, et passe ensuite au jaune fauve. Ces pustules ne constituent pas encore le champignon proprement dit, mais celui-ci apparaît bientôt et s'épanouit sous forme d'un petit corps transparent de 0,015 à 0,02 millimètres environ, qui se ternit à vue d'œil, et finit par devenir brun d'abord, puis complétement noir.

L'apparition de ce végétal forme la *seconde période* de la maladie. La plante jusque-là paraît saine, mais bientôt l'épiderme se soulève et se couvre de rides d'un aspect terreux. La tige subit alors une décortication partielle, qui met à découvert une partie du ligneux, et qui est due à la désorganisation sous forme pulvérulente qui se produit dans la matière verte qui couvre le liber et dans celle qui se trouve entre les filaments proprement dits. C'est alors que la plante languit et s'étiole, que toute végétation s'arrête, que les fruits en formation avortent. La maladie, qui jusque-là s'était maintenue au bas de la tige, monte rapidement, les symptômes décrits plus haut se répètent sur les rameaux et les feuilles encore saines pour arriver jusqu'à la fleur ou la capsule, selon le cas. Le champignon datait déjà de plusieurs jours, mais généralement c'est à ce moment seul que les cultivateurs signalent son apparition.

Que sont donc les champignons du lin? Examinés attentivement, ils offrent les caractères de véritables périthéciums de certains pyrénomycètes, caractères qui font de ces productions des *Phoma*,

tels qu'ils ont été depuis longtemps décrits (1). Ils sont d'abord recouverts par l'épiderme; puis, examinés en regard de la lumière, on les voit distinctement ouverts au sommet par un pore arrondi. Leur nucléus blanc, qui s'échappe sous forme de cire comme on l'a vu tout à l'heure, dans l'eau du porte-objet du microscope, se gonfle d'abord, puis se résout en une myriade de sporidies hyalines de 0^{mm},005 de diamètre, à l'extrémité desquelles se trouve une sporule globuleuse et semi-opaque. C'est là le *Phoma exiguum*.

Mais ici se dresse une question intéressante : le développement du *Phoma linier* (appelons-le ainsi, si l'on veut) est-il effet ou cause du mal? Les altérations proviennent-elles de racines malades qui ne peuvent plus envoyer aux parties aériennes les sucs dont elles ont besoin, ou la cause efficiente de la maladie réside-t-elle bien réellement dans les lésions qu'occasionne l'entophyte dont nous avons parlé? Nous répondrons de suite que la présence du *Phoma linier* est bien la cause de l'affection du lin, et voici pourquoi :

L'éruption cryptogamique ne se montre presque jamais au sommet de la tige, on l'aperçoit le plus souvent soit au collet, soit à huit ou dix centimètres au-dessus. Dans le cas où elle se montre à la tête du lin, et lorsqu'on examine la maladie à son point initial, la plante paraît saine dans toutes ses parties, et, lorsqu'on l'arrache, la racine ne présente aucun caractère particulier qui puisse faire supposer une influence morbide quelconque; mais lorsque les petites bulles hyalines ont commencé à s'échapper sous forme de cire plus ou moins tortillée, et surtout lorsque ces bulles ont perdu leur transparence, alors seulement la désorganisation complète de la tige commence, la maladie gagne du terrain vers le haut et vers le bas, les feuilles se dessèchent et noircissent, la plante ne présente pas plus de résistance que si elle était devenue subitement pourrie. Dans le cas, au contraire, où la maladie est située au pied du lin, les mêmes phénomènes se présentent, et lorsqu'on arrache la tige encore peu atteinte et qu'on en sépare les parties saines du haut et la racine, ces portions ne présentent aucune différence avec les mêmes parties de lins que la maladie n'a pas atteints.

A notre avis, le champignon n'est pas non plus une maladie contagieuse, car il a été souvent remarqué que, dans certaines années,

(1) *Annales des sciences naturelles*, série 3, t. II, p. 278. — Desmazières, *Plantes cryptogames de France*, 1re série, 1re édit., n° 1869, et 2e édit., n° 1469, puis dans la 2e série au n° 57.

la marche de l'affection n'était qu'à l'état sporadique, c'est-à-dire que des pieds isolés, disséminés au milieu d'autres restés sains, étaient seuls attaqués. On a vu cependant des parties entières d'un champ champignonnées, mais alors la maladie semble arriver spontanément, sans gagner de terrain au fur et à mesure de son cours.

Quelles sont les causes de cette maladie? A vrai dire, elles sont encore peu connues, bien que les cultivateurs en indiquent cinq principales :

1° Les cultures qui ameublissent profondément le sol;

2° Le trèfle *précédant* le lin;

3° Les chaulages récents et abondants;

4° Les fumures trop fortes;

5° L'excessive imbibition du sol amenée par des pluies continuelles.

Mais nous avons vu qu'on attribue à quelques-unes de ces causes la présence d'autres maladies sur les lins. Que faut-il donc faire pour combattre le champignon? Tout d'abord, lorsque la chose est possible, éloigner les causes du mal à tort ou à raison indiquées ci-dessus comme véritables. On a essayé le chaulage, mais il n'a produit que des résultats désastreux : c'était dans tous les cas combattre le mal par lui-même, puisque le chaulage est désigné comme l'une des origines probables du champignon. Le sulfatage, mis à l'essai, n'a pas non plus réussi.

On a constaté aussi que la maladie n'atteignait presque jamais les lins à fleurs *blanches;* mais nous avons vu, à propos de la graine de lin (*Annales agronomiques*, t. II, p. 352), que les lins à fleurs blanches donnaient généralement une filasse beaucoup moins estimée; la maladie n'est pas assez à craindre pour que l'on abandonne la culture d'une espèce reconnue comme utile pour lui substituer celle qui l'est moins.

A vrai dire, le seul moyen efficace est de ne pas essayer de guérir ou d'arrêter le mal. A l'apparition des premiers symptômes, c'est-à-dire avant l'apparition des pustules hyalines, il faut arracher le lin, même avant sa maturité complète : de cette façon seule les pertes sont limitées. Que l'on retarde, que l'on attende l'apparition des champignons proprement dits, en deux jours ceux-ci ont bientôt envahi toute la tige et détruit complétement la linière.

Un champ de lin champignonné est perdu complétement. Les graines, lorsqu'on les examine, n'ont plus aucune forme; elles sont

d'ailleurs incapables de reproduction, et on a pu calculer qu'on ne récolterait guère en moyenne plus d'un tiers à un quart d'hectolitre par hectare. Les tiges, soumises au teillage avant d'être rouies, car il leur serait impossible d'être soumises aux manipulations habituelles, ont perdu en fibre de 85 à 95 pour 100, soit 80 pour 100 de mauvaise filasse, en calculant qu'il a fallu briser plus fortement la paille qui n'était pas encore séparée du tégument fibreux.

Il est une chose à remarquer, cependant, au point de vue des remèdes à apporter à la maladie, c'est que, même dans les années les plus désastreuses, le champignon n'a presque jamais atteint les véritables graines de tonne de Riga, mais beaucoup plus les graines d'après tonne; les champs les moins épargnés provenaient souvent de graines vendues au rabais. De ce fait il semblerait résulter que la qualité de la graine lui donne une force suffisante pour échapper aux atteintes du fléau : on ne saurait donc, pour cette raison encore, trop conseiller aux cultivateurs de faire l'essai et de vérifier la provenance des graines qu'ils achètent.

Atteintes des végétaux et des insectes. Accidents atmosphériques.

Le parasite le plus à craindre pour le lin est la *cuscute* (*cuscuta densiflora, convolvulacées*), connue encore à la campagne sous les divers noms de *lin maudit*, *bourre de lin*, *teigne*, *rasque*, *barbe de moine*, *cheveux de Vénus*, *cheveux du diable*, etc., et dont un seul pied peut faire périr les tiges dans un rayon de 3 mètres.

On ne peut pas arracher la cuscute, car les fragments restés sur le sol se ramifient bientôt après. L'un des moyens les plus employés pour la détruire est l'arrosage des parties attaquées avec une dissolution de sulfate de fer (1 kil. par hect. d'eau) : deux jours après l'arrosage, on voit prendre à la plante une teinte noire fortement prononcée, et 4 ou 5 jours après sa destruction est entièrement achevée.

Parmi les moyens signalés par MM. Girardin et Dubreuil pour se débarrasser de la cuscute, nous trouvons les suivants dont on peut profiter dans la culture du lin (1) :

1° Ne pas employer le fumier des bestiaux nourris avec des fourrages infestés de cuscute;

(1) *Arch. de l'agr. du nord de la France*, t. XXVI, p. 461.

2° Ne semer aucune graine sans l'avoir bien triée et tamisée sur un crible assez fin pour laisser passer la graine de cuscute;

3° Semer exclusivement de la graine venant des pays septentrionaux, où la cuscute n'existe pas.

D'autres ouvrages signalent encore les moyens préservatifs que voici :

1° Le parcage des moutons lorsque le lin n'a que quelques centimètres de hauteur (2). Nous pensons cependant que ce moyen n'est pas sans inconvénient : le mouton, en choisissant la plante qu'il préfère, ne peut toujours la séparer complétement les tiges de lin les plus voisines, et il lui arrive d'en enlever quelques-unes; en outre, lorsqu'on conduit le troupeau à la linière de trop grand matin, plusieurs animaux peuvent revenir météorisés;

2° L'écobuage et le brûlis des places infestées.

Dans tous les cas, quelque moyen que l'on emploie, il faut agir au plus vite et surtout ne pas labourer, de peur d'enterrer les graines. Si on laissait la cuscute végéter paisiblement, elle ne ferait que croître et s'étendre d'année en année.

Avec la cuscute on rencontre fréquemment, dans les linières, le *seneçon* et le *mouron commun*, qui disparaissent facilement au sarclage. Nous n'avons jamais rencontré l'*orobanche rameuse* (*phelipea ramosa*) qu'on nous a parfois signalée.

Les animaux s'attaquent aussi au lin. La *taupe* est un des plus redoutables; en creusant ses galeries à niveau du sol, elle soulève la plante et la fait périr en mettant ses racines à découvert.

Le *puceron* se rencontre rarement sur le lin. On peut parfois en prévenir les ravages en saupoudrant la partie attaquée de chaux ou de plâtre en poudre.

Le *ver blanc* détruit la plante d'une manière complète.

Les *altises* (*altica oleracea*) sont encore des ennemis redoutables pour le lin. Comme les larves de ces insectes vivent très-bien sur le coudrier, il faut éviter le voisinage de cet arbre. — Les altises font peu de dégâts lorsque le temps est humide et froid, mais sont surtout à craindre pendant les grandes chaleurs. Elles s'attaquent alors aux plantes tendres et dont la végétation est trop lente, c'est ainsi qu'on les voit dans les terres trop faibles ou dans celles que l'on a trop tardivement amendées.

(2) *Ann. de l'agriculture*, 1866.

Plusieurs moyens ont été indiqués pour la destruction des altises : ainsi on saupoudre parfois les plantes encore humides de rosée avec de la chaux, des cendres, du plâtre, de la suie bien pulvérisée ou de la poussière de route ; ou bien encore on sème dans la linière un peu de moutarde blanche ou de cresson qui les empoisonne ; quelques cultivateurs font aussi passer sur leur champ un rouleau de bois pour pulvériser les mottes qui leur servent de retraite. Lorsque la culture est assez étendue, on emploie pour leur destruction un instrument spécial dit *puceronnière* ou *machine-altises*, qui a toujours donné d'excellents résultats. Il se compose d'un cadre en bois léger de 1 pied de long sur 3 de large, muni à l'intérieur d'une toile ou de planches couvertes de goudron, ou de toute autre matière gluante. Le train de devant, toujours plus élevé, est garni de branchettes non effeuillées dont les extrémités pendent assez bas pour secouer les jeunes plantes auprès desquelles sont cachées les altises ; à la partie postérieure et sur les côtés, des rideaux de toile circonscrivent le cadre. Or, une fois l'appareil en marche (traîné ou poussé) les branches du devant vont exciter les altises, celles-ci s'empressent de sauter, et, ne pouvant le faire en dehors du rideau de toile, vont se coller au plafond gluant : elles se font prendre ainsi en très-grand nombre (1).

Il y a quelques années, dans une des séances de la Société d'acclimatation, M. le baron P. Thénard a donné d'utiles détails sur les heureux résultats qu'il a obtenus en se servant de goudron de gaz mélangé à la sciure de bois dans la proportion de 2 p. 100. On en saupoudre la plante dans les premiers moments de sa sortie de terre, et 1 000 k. par hectare sont nécessaires pour faire disparaître l'insecte, qui est tué sans doute, car il ne fait point irruption dans les champs voisins. La preuve des bons effets produits par cette substance a été démontrée par des expériences comparatives continuées pendant cinq ans.

Enfin les accidents atmosphériques sont à craindre pour les champs de lin tout autant que les insectes. Nous citerons entre autres :

Les *vents violents* qui fatiguent les tiges et les durcissent ;

Les *pluies d'orage* qui les couchent fréquemment ;

(1) Voir dans les *Ann. du génie civil* (1867, t. XII, p. 206) le dessin et la description de la puceronnière construite pour l'école de Grignon sur les ordres de M. Bella, directeur (A. Gobin, les *Insectes nuisibles*). Cet instrument est un peu différent de celui dont nous parlons ici et qui est employé dans le Nord.

La *grêle*, qui peut détruire en quelques moments des champs entiers de lin. Dans ce dernier cas, lorsque la hauteur du lin endommagé n'a pas dépassé 40 cent., on peut, en coupant la tige à 10 cent. du sol environ, espérer de voir revivre la récolte dans toute sa force.

Enfin la *brunie* agit sur le lin, comme elle le fait pour un grand nombre d'autres plantes. Le cultivateur ne peut prévenir les ravages de ce fléau bizarre qui attaque les linières avec la plus grande irrégularité. On ne peut comparer ses effets qu'à ceux du feu, car les tiges bruinées se dessèchent rapidement et ne produisent ni graine ni filament utilisable.

NOTE ADDITIONNELLE.

Les *Annalen der Landwirthschaft* (1869 n° 44) ont signalé dans les champs de lin des environs de Berlin et dans l'ouest de l'Europe la présence d'un champignon parasite spécial, le *melampsora lini* (*Desm.*). Cette maladie étant complétement inconnue dans le Nord, nous ne l'avons pas indiquée parmi celles dont on a vu les noms plus haut.

Ce champignon, est-il dit, rend *cassantes* les fibres libériennes. Ce caractère ne convient à aucune des maladies du lin, c'est donc un état pathologique tout à fait nouveau. On ajoute que c'est à ce *melampsora* qu'il faut certainement attribuer la maladie connue dans le Nord ou en Belgique sous le nom de *froid-feu* ou *brûlure*. A notre avis, ou il doit y avoir confusion, ou l'auteur de l'article n'a jamais connu la brûlure que de nom : les lins véritablement brûlés ne présentent aucun indice d'éruption cryptogamique, du moins n'en avons-nous jamais vu après un grand nombre d'observations répétées.

Voici les caractères scientifiques de cette nouvelle maladie, tels qu'ils nous sont signalés par M. Tarbois de Jubainville, sous-inspecteur des forêts à Valenciennes, qui a pu s'en procurer quelques échantillons :

« Le *melampsora lini*, parasite sur les tiges et les feuilles du lin, est encore incomplétement connu. Il a des urédospores rouges, jaunes et mucronées auxquelles succèdent des télentospores jamais solitaires, mais toujours réunies en une couche ferme, située à la

superficie de la plante nourricière et qui ne s'y développe qu'après la mort de cette plante. On n'a pas encore découvert les spermogoniers et les œcidium du melampsora. En revanche, un péridium complet entoure le stroma qui produit les urédospores.

» Dans les environs de Berlin, cette maladie est commune sur le *linum catharticum* (*L.*) qui y est à l'état sauvage. Sur ce *linum*, les spores du *melampsora* sont plus petites que sur le *linum usitatisimum*, et par suite on en a fait le *melampsora lini minor* (*Fuck*). Il est cependant très-probable que cette différence de taille des spores ne résulte que de la différence des plantes qui les nourrissent, et que sur les deux *linum* vit le même parasite, qui de la plante sauvage se propage sur la plante cultivée. »

On connaît dans nos contrées un parasite de ce genre, le *melampsora salicina* (*Lév.*) qui anéantit parfois complétement nos récoltes d'oseraies.

A. R.

OBSERVATIONS SUR L'ANALYSE CHIMIQUE DU LAIT

PAR

M. EUGÈNE MARCHAND,

Membre correspondant de l'Académie de médecine et de la Société centrale d agriculture, à Fécamp.

Malgré les nombreux travaux chimiques dont le lait a été l'objet, et les publications importantes dont il a été le sujet, nous nous trouvons encore aujourd'hui dans une ignorance véritablement surprenante de l'exacte proportion moyenne des éléments de toute nature qu'il contient et des limites extrêmes des oscillations que ces proportions peuvent présenter, non-seulement dans les diverses espèces de mammifères considérées les unes par rapport aux autres, mais encore et surtout dans les deux séries qui nous intéressent le plus particulièrement : le lait de femme et celui de vache (1).

Cela est profondément regrettable, et il est temps de prendre des mesures efficaces pour apporter un remède à cette déplorable et

(1) Les observations présentées dans ce mémoire s'appliquent également aux laits de chèvre et d'ânesse, ainsi qu'à toutes les espèces de lait qui jusqu'à ce jour ont été soumises à l'analyse, et que, pour plus de concision dans la rédaction de ce mémoire, l'on néglige d'examiner ici

fatale ignorance, car de la connaissance exacte de la composition du produit que sécrètent les glandes mammaires dépend la solution positive des problèmes qui se rattachent à l'alimentation de nos jeunes enfants, ainsi qu'à l'élevage des jeunes animaux qui naissent dans la ferme et sur le développement desquels le cultivateur espère, non sans raison, voir s'établir les bases sérieuses de sa prospérité.

On sait depuis longtemps, d'une façon certaine, que la composition du lait est variable avec l'espèce animale qui le sécrète, mais la physiologie ne saurait admettre pour chaque espèce ces oscillations extraordinaires que les analyses publiées tendent à établir dans les proportions de chaque principe constitutif de l'émulsion normale, considéré dans son isolement particulier. Aujourd'hui, l'intérêt général, comme celui non moins sacré de la science, nous imposent le devoir de ramener les écarts observables aux limites naturelles que l'étude bien faite de cette grave question peut nous permettre de fixer dans leur plus rigoureuse exactitude.

Ces très-brèves considérations servent tout à la fois d'excuse et de justification à la présentation de ce mémoire, et aux accusations qui vont être dirigées contre la plupart des méthodes d'analyse qui ont conduit à l'établissement des documents sur lesquels la discussion va s'établir.

Pour arriver à celle-ci, je vais indiquer les proportions moyennes et extrêmes de beurre, de lactine et de matières protéiques dont la présence a été constatée dans le lait de femme et dans celui des vaches. Nous discuterons ensuite la valeur des procédés employés pour opérer les dosages, et je soumettrai en même temps à l'attention des chimistes ceux que j'emploie moi-même.

En ce qui concerne *le beurre*, nous trouvons d'abord que la proportion de cette matière grasse contenue dans le lait de femme oscille de 8 millièmes en poids de ce lait, selon Simon, à 73 millièmes et demi selon MM. Filhol et Joly. La moyenne serait seulement de 26 mil. 7, selon MM. Vernois et Becquerel, tandis qu'elle s'élèverait à 37 millièmes selon M. Charles Marchand. Ce dernier chiffre est voisin de celui trouvé par MM. Chevallier et Henry, 37 mil. 5, et par moi, 35 mil. 1.

Dans le lait de vache cette proportion oscillerait de 27 mil. 5, selon les deux chimistes nommés en dernier lieu, à 82 mil. 5, selon MM. Filhol et Joly. Mes analyses, exécutées sur le lait sécrété par les vaches entretenues dans les fermes du pays de Caux, fixent la quan-

tité moyenne à 37 mil. 2, et constatent, je dois le déclarer, des écarts extrêmes, à peu près aussi considérables que ceux qui viennent d'être indiqués.

En insistant sur ces oscillations de la richesse du lait en beurre, il est utile de rappeler que l'expérience enseigne, comme MM. Péligot et Reiset l'ont démontré il y a longtemps, que la distribution du beurre dans les différentes fractions de la traite est d'autant plus inégale que le séjour du lait dans les mamelles a été plus longtemps prolongé. Je me bornerai donc à indiquer, à cet égard, que pour obtenir un lait normalement riche en beurre, il est indispensable d'opérer à cinq ou six heures de distance, au moins dans les espèces bovine et caprine, deux traites complètes, c'est-à-dire conduites jusqu'à épuisement complet des mamelles, et de mélanger bien intimement le produit total de la seconde extraction, qui doit seul, alors, fournir l'échantillon destiné à subir les travaux du chimiste. C'est parce que l'on n'a pas toujours agi ainsi que les écarts signalés sont si considérables. J'ai constaté bien des fois, sous ce rapport, sur les vaches du pays de Caux, que la traite du matin, toujours incomplétement accomplie parce qu'elle est celle qui procure les produits les plus abondants, donne le lait le plus pauvre en beurre, tandis que celle du milieu du jour, conduite jusqu'à épuisement des glandes, fournit le produit le plus riche. La traite du soir, dans les conditions ordinaires du pays, procure au contraire le lait de composition et de richesse à peu près normales.

Maintenant, en ce qui concerne le lait de femme, voici le conseil donné par M. Charles Marchand pour arriver à l'obtention d'un échantillon de bonne composition moyenne (1) : « Il est nécessaire que le temps écoulé depuis que l'enfant a pris le sein n'excède pas deux ou trois heures, et, en général, il vaut mieux que le nourrisson ait commencé à téter depuis quelques instants, lorsque la nourrice tire elle-même et remet à l'opérateur l'échantillon qu'il doit examiner. »

Si, pour les raisons qui précèdent, je n'insiste pas autrement sur ces variations de la proportion de beurre, qui sont bien plus dues au mode d'extraction du lait qu'aux procédés de dosage employés, quoiqu'en général ces procédés soient vicieux, ainsi qu'on le verra dans un instant, je dois appeler très-particulièrement l'atten-

(1) Du lait et de l'allaitement, par Charles Marchand, p. 27. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1874.

tion sur les *dosages de la lactine*. Ils présentent aussi, en effet, des écarts énormes dans les indications qu'ils ont fournies à des chimistes fort habiles.

Reconnaissons-le de suite : ces écarts sont inadmissibles, attendu qu'ils ne peuvent jamais se présenter lorsque l'on soumet à l'analyse du lait normal récemment tiré de la mamelle d'une laitière en bonne santé. Sans doute le régime alimentaire de celle-ci peut exercer une légère influence sur la richesse de son lait en matière sucrée, mais je le répète avec conviction, jamais, dans aucune race considérée dans son ensemble particulier et dans un bon état de santé, l'on ne peut observer des écarts pareils à ceux qui vont être signalés.

En ce qui concerne le lait de femme, nous voyons la proportion du sucre particulier qu'il contient, osciller de 3 gr. 92 pour 100 grammes de lait, selon Simon, à 8 gr. 08, selon M. Charles Marchand, qui trouve pour la richesse moyenne 7 gr. 11, tandis que selon MM. Vernois et Becquerel cette moyenne ne serait que de 4 gr. 36.

Les oscillations de la proportion de lactine existant dans le lait de vache sont accusées à leur tour, dans des conditions presque aussi étendues, par les analyses dont j'ai pu retrouver les résultats, ainsi que je vais l'établir maintenant.

Commençons d'abord par la constatation d'un fait dont l'importance est capitale. Après avoir examiné le lait sécrété en Autriche, en Hongrie, en Allemagne et en France, par des vaches de différentes races, le docteur Rosenthal a posé en principe que la proportion de lactine ne s'abaisse jamais au-dessous de 50 grammes par litre dans cette variété de lait. Mes recherches, qui ont porté aujourd'hui sur près d'un millier d'échantillons de ce produit, confirment cette opinion. En outre, elles ne m'ont jamais mis à même de constater l'existence d'une proportion supérieure à 57 grammes, et nous devons fixer la moyenne richesse du lait de vache, dans le pays de Caux, à 51gr,85 par litre, ou à 50gr,26 par kilogramme.

Eh bien ! et pour ne prendre que des termes extrêmes, cette moyenne n'est portée qu'à 35 grammes par Berzélius, tandis que Luiscius et Bondt l'élèvent à 56gr,80. A son tour le minimum est indiqué à 28 grammes par Simon, tandis que le maximum atteint le chiffre de 60 grammes dans les analyses publiées par MM. Boussingault et Le Bel.

L'on ne saurait mettre trop d'insistance à signaler ces énormes différences, car c'est surtout sur le dosage de la lactine que reposent les bases les plus sérieuses de la vérification de la pureté du lait livré à la consommation publique, comme c'est aussi de son exactitude surtout que dépend la détermination de la richesse du lait en matières protéiques. La proportion de ces matières n'est-elle pas toujours, en effet, déterminée par différence au moyen du calcul?

Il résulte de tout ce qui précède, comme cela résultera encore de ce qui va suivre, que l'on doit aussi trouver des écarts considérables dans la quantité des *matières protéiques* (caséum, albumine, etc.), prises en masse et indiquées comme se trouvant habituellement dans les diverses variétés de lait, par les chimistes qui se sont occupés de ces questions.

Je dis « pour ces matières prises en masse », parce que j'ai démontré, en effet, il y a longtemps, que si elles sont toujours concomitantes dans le lait sous les apparences et à l'état de caséum et d'albumine, elles restent constantes dans leur proportion totale dans le lait de chaque vache étudié isolément, quoiqu'elles y varient dans leurs proportions relatives selon les modifications que l'on fait subir au régime alimentaire de l'animal sécréteur.

Quoi qu'il en soit, les analyses publiées mettent en évidence, dans le lait de femme, des écarts de richesse en matières protéiques allant, pour 100 grammes de ce lait, de 0gr,61 à 4gr,52. Ces nombres sont entre eux :: 10 : 75; selon M. Charles Marchand, la richesse moyenne de ce lait est égale à 1gr,705, tandis que selon MM. Vernois et Becquerel elle serait deux fois plus considérable et s'élèverait au taux de 3gr,92.

Quant au lait de vache, les nombreux travaux dont nous avons dépouillé les résultats mettent en évidence des écarts qui, pour être moins importants que les précédents, n'en sont pas moins surprenants, puisqu'ils varient encore entre eux dans le rapport 10 : 38. En effet, ces oscillations se trouvent comprises entre 1gr,90, chiffre le plus affaibli qu'il m'ait été donné de rencontrer dans mon laboratoire, et 7gr,20, chiffre posé par Simon. J'ai trouvé pour la moyenne 2gr,31 (soit 1gr,79 de caséum et 0gr,52 d'albumine). MM. Vernois et Becquerel ont indiqué 4gr,35 ou, encore, un chiffre deux fois plus élevé.

De semblables écarts ne me semblent pas possibles, ou au moins ils sont fort singuliers pour des moyennes générales. Cependant, ils

peuvent se manifester dans certaines circonstances particulières, car j'ai eu l'occasion de constater moi-même le chiffre maximum 4gr,37 pour 100 grammes de lait; mais c'était sur un fluide extrait de la mamelle d'une vache cinq cent douze jours après la naissance du veau qui avait été la cause première de l'origine de cette sécrétion. Le plus fort titre que j'aie rencontré ensuite ne dépassait pas 3gr,90.

Malgré cela, je persiste à croire que les écarts extrêmes (1gr,90 et 7gr,20) n'existent pas, ou au moins qu'ils ne sont pas normaux, quoique les éléments azotés soient, parmi les principes constitutifs du lait, ceux dont la quantité offre dans toutes les séries le moins de fixité dans leurs proportions relatives. Pour moi, ils sont dus, au moins en grande partie, aux procédés défectueux employés pour opérer l'analyse des liquides dans lesquels on les a observés.

C'est sur ces procédés qu'il s'agit maintenant d'appeler l'attention.

Pour opérer le *dosage de tous les principes fixes du lait*, tous les chimistes évaporent jusqu'à siccité des proportions variables de ce liquide — de 5 à 30 grammes et même davantage — les uns sans troubler l'état de la matière, les autres en l'agitant sans cesse et en divisant aussi complétement que possible le résidu solide. La température de dessiccation varie entre 80° c. dans les expériences de MM. Vernois et Becquerel, et celle de 120° c. dans les analyses de M. Hoppe-Soyler.

En de pareilles circonstances, l'on comprend l'importance des écarts qui peuvent être signalés. Remarquons-le en passant, les premières causes d'erreur qui en sont la conséquence s'accumulent sur les matières protéiques, dont la proportion peut subir alors un accroissement exagéré, lorsque la vaporisation des dernières particules d'eau ne s'accomplit qu'à une température inférieure à 100°.

Pour obtenir de bons résultats, il faut agir seulement sur 5 grammes de lait, et opérer la dessiccation du résidu solide réduit en poussière à une température comprise en 98 et 100°, mais ne dépassant pas celle-ci, car la coloration du résidu s'accomplit au détriment de son poids aussitôt que, bien desséché dans quelques-unes de ses parties, il subit l'action d'une température supérieure à celle de l'ébullition de l'eau.

A son tour, le *dosage du beurre*, indépendamment des causes d'erreur déjà signalées, est influencé aussi d'une façon considérable par les procédés employés pour l'opérer.

Tel chimiste prend le résidu de l'évaporation du lait bien dessé-

ché, et après l'avoir pulvérisé, il l'épuise par des lavages opérés avec de l'éther. Tel autre mélange le lait avec de la pierre ponce, du sable, du plâtre ou même du marbre, avant de le soumettre à l'évaporation, et il lave aussi avec de l'éther le résidu pulvérisé.

Assurément ce dernier mode est préférable au précédent, mais l'un et l'autre sont défectueux : ils donnent toujours des résultats trop affaiblis et rehaussent à tort, par conséquent, la proportion des matières protéiques. L'épuisement complet du résidu est impossible dans ces circonstances, parce qu'une certaine quantité de la matière grasse, se trouvant emprisonnée dans le magma de caséum et d'albumine coagulée, résiste à l'action du dissolvant et ne saurait être entraînée par lui.

D'autres chimistes coagulent le lait, pur ou étendu d'eau, au moyen de l'acide acétique ou de la présure, quelques-uns à froid, d'autres à chaud, et traitent par de l'éther le magma recueilli sur un filtre, desséché et pulvérisé. Ici, comme dans les cas précédents, une partie du beurre reste emprisonnée dans la masse des matières protéiques coagulées et échappe par conséquent à l'évaluation que l'on veut en faire.

D'autres opérateurs, à leur tour, passent le lait au travers d'un triple filtre en papier qui retient tous les globules tenus en suspension. Ils lavent ensuite ces filtres avec de l'éther qui, étant soumis à l'évaporation, laisse pour résidu pondérable toute la matière grasse dont il se trouve chargé. Ce procédé donne sans doute de meilleurs résultats que les précédents, mais il est encore imparfait : une certaine quantité de globules peuvent et doivent rester inaltérés dans leur constitution physiologique. Ceux qui se trouvent dans ces conditions échappent à l'appréciation de l'opérateur.

D'autres chimistes mélangent le lait avec le double de son volume d'un liquide formé à doses égales d'eau et d'acide acétique cristallisable, qui assure la parfaite solubilité du caséum, et la destruction de la constitution physiologique des globules émulsionnés. Ceux-ci sont recueillis sur un filtre, et leur matière grasse reprise par de l'éther est dosée par les procédés ordinaires. Ce mode opératoire donne de bons résultats.

D'autres expérimentateurs, enfin, se conformant à un conseil que j'ai donné il y a bien longtemps, en 1854, rendent le lait alcalin en l'additionnant dans son état normal de quelques gouttes de soude caustique, pour rendre immédiatement solubles dans l'éther ses

globules gras qui, sans cette intervention de l'agent alcalin, résisteraient à l'action du dissolvant. Celui-ci est employé ensuite, par fractions successives, pour opérer le lavage du liquide émulsionné. Lorsqu'il n'enlève plus aucune trace de matière grasse, on réunit toutes les liqueurs chargées de cette matière et on les soumet à la distillation. Elles laissent alors pour résidu la quantité totale du beurre primitivement contenu dans le fluide examiné.

Cette méthode, je puis l'assurer, est, avec la dernière décrite, la seule qui permette de doser avec exactitude la proportion de beurre contenue dans le lait. C'est elle que j'ai mise en œuvre pour déterminer la valeur des indications fournies par le lacto-butyromètre.

Cet instrument peut lui-même être utilisé avec succès pour opérer la détermination dont il s'agit. Il donne rapidement des renseignements qui se rapprochent plus de la vérité que ceux fournis par les méthodes indiquées en premier lieu. Mais si l'on a recours à son emploi il est utile de se rappeler que le commerce le fournit souvent aujourd'hui dans de mauvaises conditions de graduation. Guidé par ces considérations, j'ai pris le parti de ne recommander maintenant que les tubes contruits et divisés par MM. Alvergniat frères (1).

Le dosage de la lactine offre un intérêt aussi grand que celui du beurre, plus grand même au point de vue des falsifications dont le lait est l'objet, si l'on considère que la proportion de cette matière sucrée reste assez constante dans chaque variété, malgré les divergences existant dans les résultats des dosages opérés par un grand nombre de chimistes habiles.

Je l'ai déjà dit, cette proportion oscille entre 6,8 et 8,0 pour 1 000 dans le lait de femme en santé, et elle varie de 50 à 57 grammes par litre dans celui de vache, où elle ne s'abaisse jamais au-dessous de 50 grammes quand il est normal et provient aussi d'un animal bien portant.

Ce dosage doit toujours être opéré sur du lait récemment tiré, ou, si ce lait a déjà subi le contact de l'air depuis un certain temps et acquis la propriété de rougir le papier bleu de tournesol, il est nécessaire de déterminer aussi la proportion d'acide lactique libre qu'il peut contenir; cet acide se développant toujours en quantité équivalente à celle de la matière sucrée, qui disparaît tandis qu'il se produit. On ne trouve nulle part des indications pouvant porter à

(1) A Paris, 10, rue de la Sorbonne. L'instruction sur l'emploi du lacto-butyromètre se trouve dans cette maison.

croire que cette détermination a été l'objet des préoccupations des chimistes qui se sont occupés de l'examen du lait. C'est à cette négligence que doit être attribué, dans beaucoup de circonstances, l'affaiblissement si considérable des résultats de l'analyse, qui a été signalé.

Le dosage de la lactine a été opéré par différents procédés. On l'a pratiqué en évaporant le sérum obtenu à l'ébullition par la coagulation acétique du lait et en soumettant à la calcination le résidu desséché, après l'avoir pesé. L'incinération, dans ce cas, a pour effet d'isoler les sels fixes existant naturellement en mélange avec le sucre de lait dans le résidu de l'évaporation. La différence du poids donnerait celui du sucre, si une petite proportion de celui-ci ne restait toujours emprisonnée dans le magma de caséum coagulé, et si certaines matières plus ou moins bien définies, dont il sera bientôt question, ne restaient encore mélangées en quantités variables, associées à la lactine et aux sels. Ce procédé est donc mauvais. Il doit être abandonné.

On a dosé la lactine au moyen du saccharimètre. Cet appareil doit donner des résultats exacts lorsque l'on prend le soin de dépouiller le sérum sur lequel on opère des matières albuminoïdes qu'il contient toujours, et qui possèdent des qualités gyratoires différentes de celles qui caractérisent le sucre dont il importe de connaître avec exactitude la proportion. Parmi les auteurs dont les travaux sont connus, MM. Vernois et Becquerel sont les seuls qui ont eu recours à ce mode de dosage, et quoiqu'ils assurent avoir tenu compte de la cause d'erreur qui vient d'être indiquée, nous avons le devoir de remarquer que les résultats auxquels ils sont arrivés sont beaucoup trop affaiblis, et bien loin par conséquent de fournir des indications utiles.

On dose aussi la lactine au moyen de la liqueur bleue cupro-potassique. Ici la méthode donne des résultats dont l'exactitude est variable selon les conditions dans lesquelles on travaille.

En général, ces résultats laissent à désirer lorsque l'on opère avec le sérum ou même avec le lait lui-même, plus ou moins étendus d'eau, et que l'on agit sur un volume plus ou moins considérable de liqueur bleue, 10 à 20 centimètres cubes par exemple, dans une capsule de porcelaine ou dans un ballon, comme cela a été recommandé. Le point exact où la réaction est accomplie est alors difficile à saisir, et à moins d'une très-grande habitude des manipulations

l'on s'éloigne de la vérité : les écarts s'accusent tantôt dans le sens positif, tantôt dans le sens négatif.

En général, aussi, les résultats sont meilleurs quand on se sert du lait en nature convenablement allongé d'eau, parce que, de tous les éléments qu'il contient, la lactine seule est susceptible d'agir sur le réactif employé, et qu'elle y agit alors en totalité. L'emploi du sérum, au contraire, donne souvent, sinon toujours, un titre affaibli, parce qu'il reste lui-même emprisonné pour une certaine partie dans l'éponge de caséum produite par la coagulation, et que le sucre qu'il contient dans cette partie ne peut être complétement enlevé par des lavages à l'eau prolongés même pendant longtemps.

Au contraire, lorsque l'on opère selon la méthode du docteur Rosenthal, en faisant agir le lait normal, étendu de quatre fois son volume d'eau, sur 2 centimètres cubes de liqueur de Fehling, dans un tube de verre ayant environ 2 centimètres de diamètre, et en jaugeant le lait étendu, dans la burette décrite par le chimiste dont le nom vient d'être cité (1), l'on obtient des résultats d'une exactitude absolue. Je recommande particulièrement l'emploi de ce procédé.

Quant au *dosage des matières protéiques*, on l'effectue en bloc, par différence. Cependant quelques observateurs, par exception, en ont déterminé la quantité en dosant l'azote contenu dans le résidu de l'évaporation du lait. Cette méthode donne toujours les meilleurs résultats quand elle est mise en œuvre par un chimiste expérimenté.

J'ai énuméré les causes qui influent sur l'exagération des chiffres qui représentent la quantité des matières en question. Cette exagération s'accroît encore lorsque l'on veut doser par la pesée ces matières isolées du lait par la coagulation : elles entraînent toujours avec elles une certaine proportion de sels, surtout des phosphates, qu'on néglige, bien à tort, d'isoler par l'incinération et qui, en s'ajoutant au beurre et à la lactine restés fatalement emprisonnés avec eux dans le magma, augmentent d'une façon préjudiciable le poids de celui-ci.

En ce qui concerne les *sels fixes*, l'on en obtient le poids réel en les isolant en masse, par la calcination des matières restées avec eux comme résidu de l'évaporation du lait normal. Peu de chimistes se sont astreints à suivre ce mode opératoire si simple et si exact.

(1) *Journal de pharmacie et de chimie*, t. XXVI, p. 214, année 1854.

En général, ceux qui ne l'ont pas fait, ont obtenu des chiffres trop faibles. L'incinération doit être opérée dans une capsule de platine, sur la flamme d'une lampe à alcool ou d'une petite lampe à gaz de Bengel. En général elle s'opère avec facilité sans donner lieu, comme on l'a cru, à la réduction des carbonates.

Il est à peine nécessaire maintenant de dire que lorsque l'on connaît, d'une part, le poids du beurre, de la lactine, de l'acide lactique libre dans le cas où le lait examiné en contient (1), avec celui des sels, et, d'autre part, celui du résidu fixe de l'évaporation du lait normal, l'on est en état de connaître aussi celui des matières protéiques, puisque ce poids, en bloc, est égal à la différence existant entre la première somme et la seconde; lorsque les opérations sont bien conduites il est toujours en concordance avec celui qui peut se déduire d'un dosage d'azote opéré avec soin.

Mais il arrive souvent que l'on veut accomplir séparément le *dosage du caséum et de l'albumine;* dans ce cas, l'on soumet à l'évaporation cinq grammes de sérum obtenu de la coagulation du lait normal opérée à la température de 25° environ, sous l'influence de quelques gouttes d'acide acétique (15 à 20 gouttes pour 100 grammes de lait). Le résidu, convenablement desséché à la température de l'eau bouillante, est pesé et inciné. La différence de poids fait connaître, d'une part celui de l'eau, et de l'autre celui de la lactine, de l'albumine et des sels primitivement tenus en dissolution. En déduisant le poids des cendres on a celui de la lactine et de l'albumine réunies.

Cela étant fait, il ne reste plus qu'à déterminer, au moyen du calcul, d'après les quantités d'eau et de matière solide indiquées par l'essai dans le sérum évaporé, la proportion de ces mêmes matières contenues dans un poids quelconque du lait assujetti à l'analyse (100 grammes par exemple), et à retrancher de cette quantité celle de la lactine, révélée déjà par les recherches antérieures. L'on obtient alors par différence celle de l'albumine. En défalquant à son tour celle-ci du poids brut déjà attribué aux matières protéiques, l'on obtient enfin, comme dernier résultat, celui du caséum considéré isolément.

(1) On doit admettre que le poids de cet acide contenu dans le résidu bien desséché de l'évaporation du lait est égal aux neuf dixièmes (0,9) de la lactine transformée. Il y a donc diminution du poids des matériaux solides, lorsque le lait devient acide, et cette diminution dont il importe de tenir compte, est d'autant plus considérable que la fermentation lactique est plus avancée.

On a reproché à ce mode d'analyse de diminuer la proportion réelle du caséum au profit de celle de l'albumine! On affirme que la coagulation du premier de ces principes, opérée sous l'influence de la quantité d'acide acétique indiquée et de la basse température conseillée, ne s'accomplit pas d'une façon complète! Je me suis assuré que ce reproche n'est pas fondé.

On remarquera que je ne me préoccupe pas ici du dosage de la lacto-protéine, de la galactozymose, des matières extractives, etc., dont on a signalé la présence dans le lait. On peut, en effet, sans inconvénient, confondre, quant à présent, toutes ces substances avec l'albumine dans le dosage que l'on fait de ce principe, car les deux premières au moins n'en sont que des modifications apparentes, tandis que les dernières n'ont qu'une existence problématique.

Me voici arrivé au terme des observations qui m'ont été suggérées par l'étude des résultats de tous les travaux jusqu'à présent publiés sur la composition du lait. Il résulte de cet exposé qu'il est nécessaire, indispensable même que les chimistes adoptent un procédé unique d'analyse de ce liquide, un procédé qui conduise toujours à des résultats comparables entre eux et dont l'exactitude soit indiscutable, car, ainsi que je l'ai dit au début de ce mémoire, à la connaissance de la composition du lait se rattachent des questions dont la solution peut exercer la plus heureuse influence sur le développement régulier et l'avenir des jeunes générations destinées à nous succéder. A cette composition se rattache aussi la solution théorique des questions dont l'étude est poursuivie avec tant d'ardeur et de succès, depuis quelques années, dans plusieurs stations agronomiques.

Si j'avais la bonne fortune de voir mon appel entendu, je m'en réjouirais; mais je déclare en terminant que je suis tout disposé, pour ma part, à accepter et à n'employer dans mon laboratoire que le procédé plus parfait qui pourra être décrit, et auquel l'on donnera d'une façon générale la préférence, si celui qui vient d'être indiqué, et dont la simplicité me semble assurer l'exactitude, paraît devoir ne pas être adopté.

RECHERCHES SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE ET LES FONCTIONS DES FEUILLES DES VÉGÉTAUX,

PAR

B. CORENWINDER.

Depuis plusieurs années, j'ai observé, dans le cours de mes nombreuses recherches sur la physiologie végétale, un fait important qui a fixé longtemps mon attention et dont l'étude m'a permis, je pense, de déterminer le véritable rôle que jouent dans la nature les feuilles des végétaux.

Ce fait est relatif à la fonction des bourgeons, des jeunes pousses et des feuilles naissantes.

Dès 1858, j'avais annoncé que ce n'est pas seulement pendant la nuit que les feuilles des plantes expirent de l'acide carbonique, mais que généralement, dans leur première jeunesse, elle jouissent plus ou moins de cette propriété, même *lorsqu'elles sont exposées à la lumière du soleil.*

Plus tard, je me suis livré particulièrement à des recherches sur ce sujet et je les ai continuées pendant le cours de plusieurs printemps. J'ai opéré sur un grand nombre de bourgeons, de jeunes feuilles non encore ouvertes ou récemment étalées, et j'ai toujours observé que ce phénomène est constant, mais qu'il varie en intensité avec la constitution morphologique des feuilles.

Comme cette exhalation se produit en général à la suite d'une inspiration d'oxygène, on a donc la certitude que, dans leur premier âge, les feuilles des plantes mettent en évidence la propriété dont elles jouissent de respirer de la même manière que les animaux.

Le temps pendant lequel cette fonction est apparente, durant le jour, chez les feuilles naissantes, dépend de leur nature et de la constitution intime de leurs cellules. Chez les unes, elle se manifeste pendant assez longtemps, chez d'autres, elle cesse d'être sensible très-rapidement.

Si on fait les mêmes observations sur des plantes plus avancées en âge, on constate qu'elles n'exhalent plus d'acide carbonique lorsqu'elles sont exposées à une lumière suffisante. Désormais, pour que le phénomène respiratoire devienne apparent, il faut mettre les

plantes dans l'obscurité (1), ou au moins, ainsi que je l'ai démontré autrefois, affaiblir et modifier les conditions de rayonnement de la lumière.

I

Il y a donc une cause qui fait prédominer chez les végétaux naissants l'acte essentiel de la respiration proprement dite. Cette cause, quelle est-elle? Pour la découvrir, j'ai eu recours à l'analyse chimique et à l'observation microscopique. On verra que ces procédés m'ont donné des résultats importants.

On sait aussi depuis longtemps que les bourgeons, les jeunes pousses, les feuilles naissantes renferment des substances azotées et des phosphates en proportion plus élevée qu'à aucune époque postérieure de leur végétation. J'ai prouvé en outre que lorsque le terme de leur accroissement est atteint, les tiges et les feuilles des plantes annuelles ont subi une perte à peu près complète de leurs éléments azotés et de leurs phosphates. Ces derniers se sont condensés sous une forme nouvelle, autour de l'embryon, dans les organes reproducteurs.

Ces faits m'ont suggéré l'idée, il y a peu d'années, de suivre par l'analyse chimique la décroissance de la matière azotée et des phosphates dans les feuilles, depuis le moment où elles sortent du bourgeon jusqu'à l'époque de leur maturité. Ces recherches ont été effectuées sur deux arbres — un lilas et un érable — qui végétaient convenablement dans mon jardin.

Je vais reproduire ces analyses, qui méritent de fixer l'attention des savants, car elles ont permis de trouver la raison de phénomènes physiologiques jusqu'alors inexplicables.

(1) On sait que le physicien Ingenhousz a démontré le premier que les feuilles, pendant la nuit, exhalent de l'acide carbonique. Plus tard, Th. de Saussure a prouvé que cette exhalation est la conséquence d'une absorption d'oxygène.

FEUILLES DU LILAS COMMUN

Desséchées à 100°.

DATES 1873.	RENSEIGNEMENTS ET OBSERVATIONS.	MATIÈRES azotées.	MATIÈRES carbonées.	CENDRES.
15 avril.....	Feuilles petites (séparé les écailles).	27.87	67.71	4.42
18 —	Feuilles plus grandes, boutons de fleurs apparents......................	23.36	71.45	5.19
21 —	Feuilles plus grandes, boutons de fleurs formés.........................	18.00	77.04	4.96
12 mai......	Feuilles normales, fleurs ouvertes ...	17.86	77.68	4.46
6 juin......	— fleurs fanées.....	14.75	78.35	6.90
1er juillet....	—	12.62	79.04	8.34
2 août.....	—	10.81	80.79	8.40
2 septembre	—	10.31	81.17	8.52
1er octobre..	Feuilles encore vertes.............	11.19	80.61	8.20
31 — ..	Feuilles flétries....................	8.87	83.13	8.00

FEUILLES DU LILAS COMMUN.

DATES.	ACIDE PHOSPHORIQUE Dans 100 p. feuilles sèches.	ACIDE PHOSPHORIQUE Dans 100 p. cendres.
15 avril	1.400	31.67
6 juin.....	0.770	11.16
1er octobre..	0.460	5.61
31 — ..	0.256	3.20

FEUILLES D'ÉRABLE,

Desséchées à 100°,

DATES	RENSEIGNEMENTS ET OBSERVATIONS.	MATIÈRES azotées.	MATIÈRES carbonées.	CENDRES.
1er mai......	Feuilles petites, (séparé les écailles).	40.94	53.06	6.00
7 —	— étalées............	38.56	54.54	6.90
20 —	Feuilles plus grandes,..............	26.25	65.86	7.89
13 juin	— normales.................	22.87	67.73	9.40
12 juillet....	— —	20.19	68.17	11.64
4 août.....	— —	19.59	68.13	12.28
3 septembre	— —	20.62	65.88	13.50
3 octobre ..	— jaunissantes...............	20.00	65.25	14.75
14 — ..	— tombées de l'arbre.........	14.80	69.00	16.20

FEUILLES D'ÉRABLE.

DATES.	ACIDE PHOSPHORIQUE Dans 100 p. feuilles sèches.	ACIDE PHOSPHORIQUE Dans 100 p. cendres.
1er mai	2.797	49.62
13 juin.....	0.957	10.18
3 octobre..	0.119	0.73

Les conséquences qu'on peut tirer de ces analyses sont très-importantes. On voit que les substances azotées, abondantes dans les feuilles naissantes, diminuent en quantité à mesure que celles-ci se développent. Il en est de même de l'acide phosphorique. Au contraire, les matières carbonées augmentent en sens inverse.

Or, en examinant les fonctions physiologiques de ces feuilles pendant les diverses périodes de leur développement, j'ai constaté que l'effet de la respiration, c'est-à-dire le dégagement d'acide carbonique, est très-prononcé, pendant le jour, au moment de l'éclosion du bourgeon, mais qu'il s'affaiblit rapidement à partir de cette époque. Généralement cet effet n'est plus apparent à la lumière, quand les feuilles ont acquis leur développement ordinaire et leur couleur verte (1).

Il faut conclure de ces faits qu'il y a dans les feuilles une concordance entre le phénomène de la respiration et la prédominance des substances azotées. Celles-ci sont, selon toute apparence, la cause occasionnelle de ce phénomène.

II

Aujourd'hui je me propose de compléter mon premier travail en signalant des analyses que j'ai faites et dont les résultats confirment ceux que j'ai acquis antérieurement.

J'ai déjà fait remarquer que chez les plantes à feuilles persistantes, les feuilles, en se développant, se comportent comme celles qui se renouvellent tous les ans. Si l'on examine au printemps les jeunes feuilles du *laurocerasus*, par exemple, on constate qu'elles exhalent pendant le jour de l'acide carbonique. Les feuilles des années précédentes n'ont plus cette propriété. Chez les feuilles nouvelles, l'effet de la respiration est d'abord fort sensible, même lorsqu'elles sont exposées à une vive lumière ; cet effet diminue en intensité à mesure que ces organes se développent, et il cesse de se manifester lorsque ceux-ci ont atteint leur grandeur normale et qu'ils ont pris une teinte verte prononcée.

Ces faits m'ont engagé, cette année, à faire les analyses des feuilles de *laurocerasus*. J'ai voulu comparer celles qui commencent à croître à celles formées l'année précédente. Il ne me paraissait pas

(1) Pour plus d'éclaircissements, voir mon mémoire intitulé *Études sur les feuilles des arbres*. Lille, 1874.

douteux que les premières doivent être plus riches en substances azotées que les dernières. On va voir que mes prévisions se sont réalisées.

Ces feuilles ont été détachées du même arbre le 12 mai 1877.

En voici la composition :

Feuilles de *laurocerasus* (nouvelles).

Eau		76.715
Substances azotées		7.650
Matières carbonées		14.434
Acide phosphorique	0.392	
Chaux	0.201	1.201
Potasse, chlore, silice, etc.	0.608	
		100.000

Feuilles de *laurocerasus* (année précédente).

Eau		51.115
Substances azotées		5.256
Matières carbonées		39.933
Acide phosphorique	0.170	
Chaux	1.857	3.696
Potasse, chlore, silice, etc.	1.669	
		100.000

La quantité d'eau contenue dans les feuilles étant différente, il convient de ramener ces organes à l'état sec, pour mieux comparer les éléments qu'ils renferment. Faisant ces calculs on a :

	Feuilles récentes.	Feuilles anciennes.
Substances azotées	32.467	10.752 (1)
Matières carbonées	61.988	81.688
Matières minérales	5.545	7.560
	100.000	100.000

COMPOSITION DES MATIÈRES MINÉRALES

(En centième du poids des feuilles séchées à 100°).

	Feuilles nouvelles.	Feuilles anciennes.
Acide phosphorique	1.682	0.349
Chaux	0.863	3.798
Potasse, chlore, silice, etc.	3.000	3.413
	5.545	7.560

(1) D'autres analyses m'ont donné des résultats analogues : ainsi dans les feuilles de lierre j'ai trouvé, après les avoir séchées à 100° :

	Feuilles nouvelles.	Feuilles anciennes.
Substances azotées	27.463	13.987

(En centième du poids des cendres).

	Feuilles nouvelles.	Feuilles anciennes
Acide phosphorique................	32.657	4.614
Chaux............	16.757	50.264
Potasse, chlore, silice, etc..........	50.586	45.122
	100.000	100.000

Ces analyses nous conduisent aux mêmes conclusions que celles que nous avons tirées des précédentes. Elles prouvent :

Que chez les arbres à feuilles persistantes les substances azotées sont plus abondantes dans les feuilles qui sont en voie d'accroissement que dans celles de l'année précédente. Dans ces dernières, au contraire, il y a plus de matières carbonées.

Or nous avons vu précédemment que les jeunes feuilles du *laurocerasus* exhalent de l'acide carbonique pendant le jour, tandis que les anciennes n'ont plus cette propriété, au moins d'une manière apparente. On est donc autorisé à admettre encore que ce sont les *organismes azotés* qui, surabondants dans les premières, mettent en évidence la capacité de respirer qui leur est dévolue, ainsi qu'à tous les êtres animés.

En comparant ces chiffres à ceux indiqués précédemment pour les feuilles de lilas, on remarque que les feuilles nouvelles du *laurocerasus* cueillies le 12 mai, alors qu'elles avaient déjà acquis un certain développement, sont plus riches en azote que celles du lilas au moment de leur épanouissement. On constate aussi que les feuilles de *laurocerasus* de seconde année ont à peu près la composition qu'acquièrent celles du lilas dans le courant du mois d'août.

En ce qui concerne les matières minérales, mes analyses démontrent que l'acide phosphorique est beaucoup plus abondant dans les feuilles nouvelles que dans les anciennes. J'ai eu souvent l'occasion de constater que le phosphore prédomine dans les jeunes feuilles dont les utricules sont gonflés d'organismes riches en matière azotée. Dans les vieilles feuilles, au contraire, le phosphore est en faible quantité, mais, par contre, la chaux s'y accumule dans une proportion considérable. Ces faits ont un caractère général dans la vie des plantes.

III

L'examen morphologique des feuilles du *laurocerasus* justifie bien les phénomènes physiologiques que je viens de mettre en lumière.

Si l'on observe au microscope une lame mince d'une jeune feuille de cet arbre, on aperçoit distinctement que ses cellules sont gonflées de *protoplasme* et qu'elles contiennent relativement peu de chlorophylle.

Or, le protoplasme est la matière azotée et phosphorée qui emplit les jeunes cellules et qui en constitue la partie essentiellement active et vivante (1).

Les cellules qui contiennent du protoplasme sont seules en état de croître, de produire des combinaisons chimiques et de former de nouvelles cellules (2). Ainsi que tous les êtres animés, elles ne peuvent vivre sans respirer, c'est-à-dire *sans absorber de l'oxygène et exhaler de l'acide carbonique.* On conçoit dès lors pourquoi cet acte se manifeste avec plus d'énergie dans la première période de la vie végétale.

Plus tard, le protoplasme diminue graduellement dans les cellules : aussi, lorsqu'on examine, à l'aide du microscope, avec un grossissement convenable, une lame mince d'une feuille *ancienne* de *laurocerasus*, on constate que les membranes cellulaires, fort épaissies, renferment en abondance des granules de chlorophylle et nécessairement moins de protoplasme. On s'explique dès lors pourquoi à cette époque l'acte respiratoire n'est plus apparent; non-seulement il a diminué avec la matière vivante qui le produit, mais il est dissimulé encore par la fonction inverse de la chlorophylle, qui retient et décompose l'acide carbonique engendré par cet acte; il faut désormais, pour faire réapparaître l'acide carbonique, neutraliser la cause qui favorise la fonction essentielle de la chlorophylle, c'est-à-dire la lumière.

L'aspect extérieur des feuilles justifie, du reste, leur constitution intime. Jeunes, elles ont une couleur vert pâle, parce qu'elles renferment peu de chlorophylle et beaucoup de substance blanche, aqueuse, translucide, riche en azote et en phosphore, c'est-à-dire beaucoup de protoplasme. A mesure qu'elles vieillissent, elles deviennent d'un vert plus foncé, parce qu'elles perdent du protoplasme et surtout parce que les grains de chlorophylle s'organisent en abondance dans les cellules.

Les enveloppes des cellules acquièrent alors plus de rigidité. On

(1) M. P. Duchartre, *Éléments de botanique*, page 25 (1877), 2e édition.
(2) Sachs, *Traité de botanique.*

voit distinctement, au microscope, qu'elles sont beaucoup plus épaisses que celles des cellules protoplasmiques.

L'analyse chimique justifie encore cette particularité. Elle démontre que les vieilles cellules sont formées d'un réseau épais de cellulose qui s'incruste de matières minérales. Celles-ci sont, pour ainsi dire, le ciment qui consolide l'édifice, qui lui procure la force de résister aux agents extérieurs. La silice, la chaux, sont les principales matières incrustantes des vieilles cellules. On a vu précédemment dans quelle proportion la chaux augmente dans les feuilles anciennes; l'ensemble de mes études sur ce sujet me fait admettre que cette base n'a pas de rôle plus important dans la végétation.

IV

De ce que les jeunes feuilles exhalent pendant le jour de l'acide carbonique, il ne faut pas conclure qu'elles n'ont pas encore la propriété d'expirer de l'oxygène pendant leur exposition à la lumière. Aussitôt que la matière verte est organisée, elle exerce sa fonction spéciale, on peut le prouver par l'expérience suivante :

On met dans une cloche en verre remplie d'eau chargée d'acide carbonique, quelques rameaux portant des feuilles récemment épanouies, et l'on expose l'appareil au soleil. En peu de temps on s'aperçoit que ces organes se couvrent d'une infinité de petites bulles, surtout sur leur face inférieure. Peu à peu ces bulles se détachent, se réunissent à la partie supérieure de la cloche, et si on fait l'analyse du fluide élastique ainsi recueilli, on reconnaît que c'est de l'oxygène (1).

La quantité d'oxygène que l'on obtient ainsi varie selon la constitution des cellules des feuilles et la proportion de chlorophylle qu'elles contiennent.

Au contraire, que l'on place de jeunes organes semblables dans une cloche contenant de l'air atmosphérique et qu'on les expose au soleil : on constate, ainsi que je l'ai démontré plusieurs fois, qu'elles absorbent de l'oxygène et qu'elles exhalent de l'acide carbonique. Comme, d'après l'expérience précédente, leur chlorophylle agit déjà dans un sens inverse, on a donc la preuve directe que, dans leur

(1) Personne n'ignore que c'est par ce procédé que Bonnet, Priestley, Sennebier, Ingenhousz ont commencé l'étude des fonctions des feuilles.

premier âge, les feuilles sont le siége de deux fonctions (respiration et assimilation) qui s'exercent simultanément pendant le jour. Si dans cette première période la plante répand sans interruption de l'acide carbonique, c'est parce que, en ce moment, l'acte respiratoire prédomine chez elle : *la chlorophylle n'a pas encore la capacité de retenir et de décomposer tout l'acide carbonique produit par cet acte, elle n'est pas encore assez abondante* (1).

A mesure que les feuilles grandissent, cette capacité augmente, on voit diminuer l'acide carbonique, et bientôt la plante adulte, exposée à une lumière suffisante, retient non-seulement tout le gaz acide émanant de la respiration, mais elle en puise encore en abondance dans l'air atmosphérique.

On a prétendu qu'à toutes les époques de sa vie, la plante répand *en dehors d'elle-même* du gaz acide carbonique, même lorsqu'elle est exposée à la lumière directe du soleil.

On a cherché à expliquer ce fait de différentes manières, j'ai pensé qu'il fallait avant tout vérifier s'il est exact.

Dans ce but, j'ai disposé un appareil dont on comprendra le mécanisme en examinant la figure placée à la page suivante.

Quelques mots d'explication, cependant, sont nécessaires pour l'intelligence du sujet.

Ayant isolé dans une cloche en verre une branche feuillue et verte sur laquelle je veux expérimenter, je fais couler l'aspirateur, afin d'enlever tout l'acide carbonique qui pourrait se trouver dans l'air confiné sous cette cloche. Les boules de Liebig renferment une dissolution de potasse caustique qui retient l'acide carbonique de l'air aspiré.

Cette précaution prise et l'appareil étant exposé aux rayons du soleil, on verse de l'eau de baryte sur un petit filtre placé dans l'entonnoir fixé au-dessus de la cloche A. Cette eau se répand dans la

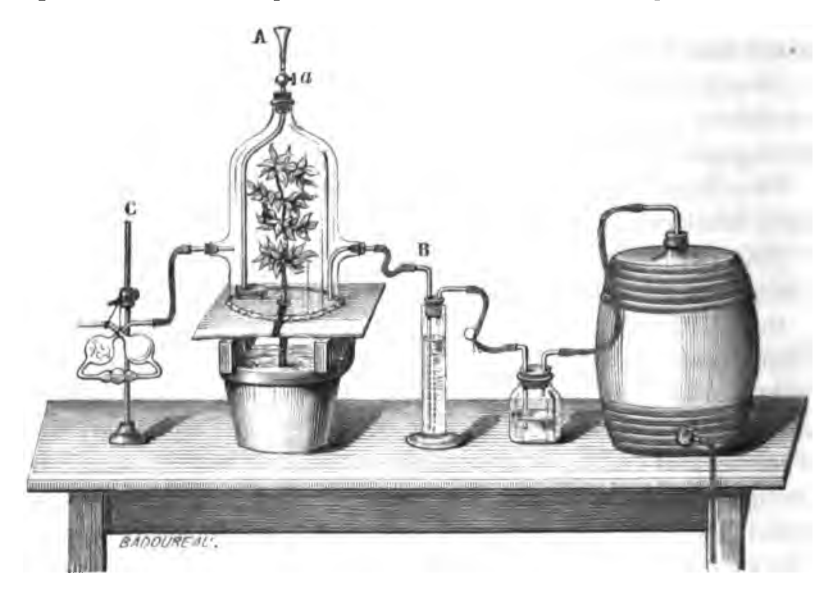
(1) Dans un précédent mémoire je disais :

« La limite où les plantes cessent de répandre ostensiblement de l'acide carbonique pendant le jour, est variable selon les espèces. J'en ai trouvé qui manifestent cette propriété pendant un certain temps, d'autres la perdent rapidement. On peut classer dans la première catégorie une plante vivace, commune dans nos jardins au printemps : le *diclitra spectabilis*, et dans la seconde les jeunes feuilles de betteraves.

La raison de cette particularité est bien simple : les jeunes feuilles de betteraves sont, même en naissant, d'un vert foncé qui atteste qu'elles sont riches en chlorophylle. Au contraire, celles du *diclitra* renferment à la même époque moins de chlorophylle et nécessairement plus de protoplasme.

soucoupe mise à l'intérieur de la cloche, et quand il y en a une quantité suffisante, on ferme le robinet *a*.

J'ai fait en premier lieu une expérience de ce genre, au mois d'août, avec une branche de *laurocerasus* qui, à cette époque, n'avait que des feuilles adultes. En prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter les causes d'erreur, en atténuant surtout l'éclat des rayons solaires qui auraient pu brûler les feuilles, j'ai constaté que, pendant toute la journée, l'eau de baryte est restée parfaitement limpide, c'est-à-dire que ces feuilles n'ont pas répandu dans leur atmosphère confinée une quantité sensible d'acide carbonique.



Des expériences semblables, effectuées avec d'autres plantes, notamment avec une belle fritillaire (*fritillaria imperialis*) qui n'avait pas produit de fleurs, m'ont donné des résultats identiques.

Il résulte de ces observations que les feuilles qui ont atteint l'âge adulte n'exhalent plus d'acide carbonique lorsqu'elles sont exposées aux rayons du soleil, ou au moins à une lumière suffisante qui les environne de toutes parts. Toutefois, il ne faudrait pas conclure qu'elles ont perdu alors la faculté de respirer dans une certaine mesure : *le gaz acide qu'elles produisent est retenu en ce cas par la chlorophylle, qui l'empêche de se répandre au dehors de leurs tissus.*

On peut prouver que les choses se passent de cette manière en

transportant la plante dans l'obscurité; alors l'action de la chlorophylle étant suspendue, les feuilles (on l'a prouvé surabondamment) ne dégagent que de l'acide carbonique.

Il n'est même pas nécessaire que les feuilles adultes soient placées dans l'obscurité complète pour exhaler du gaz acide carbonique. Ainsi que je l'ai démontré autrefois, il suffit de les transporter dans un appartement qui n'est éclairé que par des fenêtres latérales, pour neutraliser *en partie* l'influence de la chlorophylle et voir apparaître, pendant le jour, de l'acide carbonique.

Il ne faudrait pas croire, toutefois, que la fonction de la chlorophylle cesse de s'exercer aussitôt que les feuilles, par suite de l'affaiblissement de la lumière, commencent à répandre dans l'atmosphère une faible quantité d'acide carbonique. On se rappelle que M. Boussingault, par des expériences ingénieuses, a prouvé que, même dans de la lumière diffuse, les feuilles continuent d'absorber de l'acide carbonique et d'exhaler de l'oxygène. Il faut admettre, conséquemment, que les deux fonctions propres à ces organes (la respiration et l'assimilation) continuent de s'exercer simultanément; mais que, par suite de l'affaiblissement de la lumière, le pouvoir réducteur de la chlorophylle diminuant proportionnellement, celle-ci est de moins en moins capable de retenir l'acide carbonique émanant de la respiration. Cette impuissance de la chlorophylle n'est absolue que dans l'obscurité complète.

Le pouvoir respiratoire des feuilles est dépendant surtout de la chaleur. J'ai eu bien des fois l'occasion de constater que pendant le jour, alors qu'ils sont maintenus dans la lumière diffuse d'un appartement, ces organes peuvent exhaler plus d'acide carbonique que pendant la nuit, si dans ce dernier cas la température s'est sensiblement abaissée.

On sait, du reste, que la plupart des plantes jaunissent lorsqu'on les maintient dans une chambre, surtout si celle-ci reçoit peu de lumière. En cette situation, elles sont incapables de réparer les pertes de substances qui résultent de la combustion qui s'opère constamment en elles.

Cependant il y a des plantes adultes qui, placées dans l'appareil décrit ci-dessus, exhalent, pendant le jour, en pleine lumière et même au soleil, des quantités sensibles d'acide carbonique; mais si on y regarde de près, on découvre la raison probable de cette anomalie apparente.

En examinant les différentes parties d'une plante, on voit qu'elle possède, pendant le temps de sa croissance, des rameaux portant des feuilles anciennes et à leurs extrémités des feuilles jeunes, pâles et riches en protoplasme ; or, ainsi que nous l'avons vu, celles-ci exhalent pendant le jour du gaz acide carbonique. On conçoit donc que si on fait l'expérience avec une plante ainsi conformée, et surtout si elle est munie de bourgeons prêts à s'épanouir, elle puisse laisser échapper du gaz acide, qui est attiré et fixé par l'eau de baryte placée dans la cloche, avant d'être réabsorbé par l'ensemble des feuilles de la plante.

Ces expériences sont très-délicates et elles exigeront de ma part, pour en élucider toutes les conditions, un nouvel examen minutieux et circonstancié. Il me suffit pour le moment d'attester qu'il n'est pas exact d'admettre, d'une manière générale, que les feuilles des végétaux exposées à la lumière du soleil répandent du gaz acide carbonique à toutes les périodes de leur existence.

Dans les recherches de cette nature, il importe d'opérer sur des plantes dont les tiges sont vertes, car on sait que les parties ligneuses, dépourvues de chlorophylle, expirent constamment de l'acide carbonique.

On voit, d'après ce qui précède, que tous les phénomènes que manifestent les feuilles des végétaux dans leurs rapports avec l'atmosphère s'expliquent clairement, du moment qu'on admet le dualisme et la simultanéité des fonctions essentielles à leur vitalité, c'est-à-dire la respiration et l'assimilation du carbone.

V

Des recherches dont je viens de donner les résultats et de toutes celles que j'ai fait connaître depuis plusieurs années, on peut tirer les conclusions suivantes :

Les feuilles des végétaux, dans leurs rapports avec l'air atmosphérique, sont le siége de deux fonctions distinctes :

Par leur protoplasme, elles absorbent l'oxygène et elles produisent constamment de l'acide carbonique.

Par leur chlorophylle, elles inspirent, au contraire, pendant le jour seulement, l'acide carbonique et elles expirent de l'oxygène.

Dans le premier âge, le protoplasme prédomine dans les cellules,

la chlorophylle y est peu abondante; aussi, pendant toute cette période, la fonction respiratoire l'emporte-t-elle sur la fonction chlorophyllienne, et, conséquemment, les feuilles exhalent de l'acide carbonique sans interruption.

A mesure que les feuilles grandissent, le protoplasme diminue, la chlorophylle augmente; aussi voit-on s'atténuer rapidement chez elles la capacité d'émettre pendant le jour du gaz acide carbonique; bientôt elles ne dégagent plus que de l'oxygène. Ce n'est désormais qu'en les plaçant dans l'obscurité, ou au moins en atténuant l'éclat de la lumière, c'est-à-dire en suspendant plus ou moins l'action de la chlorophylle, qu'on peut mettre en évidence l'effet de la respiration.

Il n'y a donc chez tous les êtres qu'une seule et véritable respiration, et elle est la même pour tous. Le rôle que joue la chlorophylle est d'un ordre différent, c'est un acte d'assimilation.

Ce n'est pas la première fois qu'on émet cette doctrine; mais je pense que, jusqu'à présent, elle ne reposait pas sur des preuves suffisantes (1).

Dorénavant il ne me paraît plus possible d'en méconnaître l'exactitude; aussi faut-il espérer qu'on cessera bientôt d'enseigner, ainsi qu'on le fait à peu près partout, que les plantes jouissent de deux respirations : une pour le jour, l'autre pour la nuit, et que ces respirations sont d'un ordre inverse. Il est temps que cette théorie erronée disparaisse de la science, pour faire place à la vérité expérimentale, fondée sur une longue et persévérante observation des faits.

Je ferai remarquer, en terminant, combien la chimie est utile pour découvrir les lois de la vie des êtres. Privée de ce secours, la physiologie végétale ne serait qu'une science de conjectures et d'hypothèses.

(1) Mon savant collègue M. Garreau (de Lille) a fait sur ce sujet, il y a environ trente années, des expériences dont les résultats sont très-importants. Il est regrettable qu'il ne les ait pas continuées. Une thèse aussi intéressante méritait du reste de nouvelles recherches.

RECHERCHES RELATIVES A LA MATURATION DES OLIVES

PAR

M. A. ROUSSILLE

Professeur à l'École de Grand-Jouan.

Le travail suivant avait été entrepris dans le but de constater et de suivre, si elles avaient existé, les migrations des matières grasses des feuilles vers les fruits de l'olivier; il en est résulté que les premières analyses des fruits n'ont comporté qu'un dosage de matières grasses mêlées de chlorophylle. Ce n'est qu'à partir de la troisième analyse des olives que les proportions de matières azotées, ligneux et matières minérales furent déterminées.

Les difficultés de ce travail, exécuté loin du pays de production, ont certes influé sur certains résultats; pour les surmonter dans la mesure du possible, les diverses analyses furent successivement exécutées en employant scrupuleusement la même méthode.

Méthodes analytiques.—A la réception des échantillons, les branches étaient dépouillées de leurs feuilles et celles-ci mises à sécher à l'étuve pour être analysées après les olives, divisées elle-mêmes en quatre lots.

Un lot, du poids de vingt-cinq grammes environ, était, après pesée, maintenu dans l'eau bouillante pendant une demi-heure; la pulpe en était alors commodément et rapidement enlevée et les noyaux pesés; exceptionnellement la dernière détermination ne put être faite que sur 12gr825, il en est résulté une proportion de noyaux que je considère comme trop forte.

Le second lot était employé aux dosages successifs de l'eau de végétation, de la matière grasse mêlée de chlorophylle et de l'azote.

Le troisième servait à doser le ligneux sur une partie et les matières minérales sur l'autre.

Le quatrième, mis à l'étuve, était destiné à recommencer les dosages manqués par suite d'un accident quelconque.

Eau de végétation. — La pulpe du fruit cru, soigneusement séparée du noyau à l'aide d'un couteau, était introduite dans une capsule, préalablement tarée, avec un petit pilon d'agate, puis écrasée avec ce pilon, pesée et mise à l'étuve à courant d'air, chauffée entre 100 et 105°, et y restait maintenue jusqu'à cessation de perte de

poids. La quantité de pulpe fraîche ainsi desséchée variait entre 15 et 16,5 grammes.

Chlorophylle et matières grasses. — La matière précédemment desséchée, versée dans un flacon bouché à l'émeri, était arrosée de 60 centimètres cubes de sulfure de carbone et mise à digérer pendant quarante-huit heures; après ce temps, le sulfure était décanté, filtré et remplacé par une nouvelle quantité de sulfure qui ne restait que vingt-quatre heures en contact. Après huit digestions successives, le sulfure ne dissolvait plus rien. — La solution, introduite dans un ballon, était soumise à la distillation jusqu'à réduction au volume de 40 centimètres cubes environ, puis versée dans une capsule de platine tarée, mise à évaporer au bain-marie, chauffé de telle sorte que le sulfure ne pût entrer en ébullition, celle-ci étant cause d'une projection de gouttelettes qui amène une perte de poids. A la fin de l'opération, l'eau du bain-marie était portée à l'ébullition, puis la capsule retirée était chauffée directement jusqu'à fusion de la matière.

Cette méthode, très-exacte comme résultats, présente un danger que je dois signaler, en ayant été victime. — La surveillance continuelle qu'il faut exercer pendant un temps assez long, puisque l'évaporation doit se faire sans ébullition, amène à respirer une quantité notable de vapeurs qui provoquent d'abord une céphalalgie violente, puis une perte absolue d'énergie physique et morale et en même temps une nervosité excessive avec insomnies prolongées. Tous ces accidents ont disparu environ un mois après la cessation de l'emploi du sulfure.

Matières azotées. — 3 grammes de pulpe desséchée et privée de matières grasses, servaient à faire un dosage d'azote par le procédé Will et Warrentrapp modifié par M. Péligot.

Ligneux. — 3 grammes à 3 grammes et demi de pulpe fraîche, prélevés sur le troisième lot, écrasés au pilon, étaient arrosés de 25 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur et de 225 centimètres cubes d'eau distillée, puis soumis à une ébullition de deux heures. L'eau évaporée était remplacée toutes les demi-heures.

Le liquide, reposé dix à quinze minutes, était filtré rapidement à l'aide d'un petit appareil simple qui sera décrit plus loin. Quand tout le liquide, soigneusement décanté, était filtré, on le remplaçait par 250 centimètres cubes d'eau distillée, et l'on recommençait une nouvelle ébullition d'une heure, puis on filtrait et on lavait à épui-

sement à l'eau distillée bouillante. — Le résidu insoluble, arrosé de 20 centimètres cubes d'une solution concentrée de potasse et de 230 centimètres cubes d'eau distillée, était soumis à une ébullition de deux heures pendant lesquelles on remplaçait trois fois le liquide évaporé. Après un repos de dix minutes on procédait à une nouvelle filtration rapide. Le liquide entièrement filtré était remplacé par de l'eau distillée, et une nouvelle ébullition d'une heure amenait une nouvelle dissolution de matières rendues solubles. Des lavages à l'eau distillée bouillante complétaient l'épuisement; à l'eau distillée succédait l'alcool, tant qu'il dissolvait quelque chose; enfin un épuisement à l'éther terminait l'opération. La matière insoluble restée sur le filtre, taré préalablement, était desséchée et pesée avec lui, puis incinérée. Le poids de la matière, cendres déduites, fournissait le poids du ligneux.

L'appareil aspirateur servant à activer les filtrations se composait d'un petit aspirateur de 4 litres de capacité, relié par un tube de caoutchouc à une des tubulures d'un flacon bitubulé; l'autre tubulure était fermée par un bouchon de caoutchouc traversé par la douille de l'entonnoir sur lequel était disposé le filtre non plissé. Le robinet de l'aspirateur permettait de régler l'écoulement de manière à obtenir une aspiration convenable.

Matières minérales. — L'incinération se faisait sur 15 grammes de pulpe fraîche, soigneusement séparée du noyau, d'abord desséchés à l'étuve et placés dans une capsule de platine préalablement tarée. L'incinération présentait quelques difficultés par suite de l'abondance des sels alcalins, mais la fusion de ces sels était évitée par un épuisement à l'eau distillée bouillante; l'incinération s'achevait alors sans difficultés. Le liquide des lavages était reversé sur la cendre blanche, évaporé, légèrement calciné et mis à refroidir sous un exsiccateur à acide sulfurique et pesé. Une nouvelle dissolution à l'eau distillée séparait les sels alcalins, formés de carbonate et phosphate de potassium avec un peu de chlorure, sulfate et silicate de potassium. Le résidu insoluble était formé de phosphate de calcium et magnésium et de silice. Une dissolution dans l'acide nitrique permettait de séparer la silice des phosphates. — Un dosage d'acide phosphorique était toujours pratiqué dans la solution des sels alcalins solubles. Les résultats sont insérés au tableau n° IV.

Les tableaux suivants résument les résultats des analyses :

TABLEAU I. — POIDS DE LA PULPE ET DES NOYAUX POUR 100 D'OLIVES.

	30 juin.	30 juillet.	30 août.	30 septembre.	30 octobre.	15 novembre.
Pulpe fraiche..	?	?	69.790	76.600	77.300	73.657
Noyau.........	?	?	30.210	23.400	22.700	26.343

TABLEAU II. — COMPOSITION DE 100 PARTIES DE FEUILLES D'OLIVES SÈCHES ET DE 100 PARTIES DE CENDRES.

DATE DE LA CUEILLETTE des feuilles.	MATIÈRES GRASSES et chlorophylle.	MATIÈRES albuminoïdes.	LIGNEUX.	MATIÈRES minérales.	MATIÈRES diverses non isolées.	SELS ALCALINS contenus dans les matières minérales.	PHOSPHATES alcalino-terreux.	CARBONATES alcalino-terreux.	SILICE.
30 mai......	5.432	8.775	18.886	7.777	59.130	10.794	12.938	70.554	5.714
30 juin......	4.330	8.162	16.444	7.217	63.847	19.795	27.005	49.820	3.380
30 juillet....	4.578	9.337	18.833	6.987	60.265	22.190	22.360	46.410	9.040
30 août.....	4.577	8.275	20.778	8.091	58.279	8.992	8.604	75.606	6.798
30 septembre.	3.631	7.883	27.709	6.610	54.207	12.849	9.754	72.483	4.918
30 octobre...	3.766	8.287	27.514	6.848	53.585	16.834	11.127	69.009	3.030
30 novembre.	3 702	8.443	28.117	5.861	53.877	19.006	12.304	65.740	2.950

TABLEAU III. — COMPOSITION DE 100 PARTIES D'OLIVES SÈCHES ET DE 100 PARTIES DE CENDRES.

DATE DE LA CUEILLETTE des fruits.	EAU DE VÉGÉTATION.	MATIÈRES GRASSES et chlorophylle.	MATIÈRES albuminoïdes.	LIGNEUX.	MATIÈRES minérales.	MATIÈRES DIVERSES non isolées.	SELS ALCALINS contenant du phosphate de potassium.	PHOSPHATES alcalino-terreux.	SILICE.
30 juin.......	22.003	1.397	»	»	»	98.603	»	»	»
30 juillet.....	60.690	5.490	»	»	»	94.510	»	»	»
30 août.......	66.051	29.190	14.619	13.341	4.156	38.694	81.818	16.642	1.540
30 septembre..	56.005	62.304	4.18[illegible]	7.432	2.736	23.339	82.500	16.250	1.250
30 octobre....	51.688	67.213	4.411	[illegible].076	2.964	18.340	86.353	13.068	0.579
15 novembre..	50.198	68.575	4.329	6.096	3.060	17.940	85.916	13.615	0.469

TABLEAU IV. — ANHYDRIDE PHOSPHORIQUE CONTENU DANS LES SELS ALCALINS.

30 août	1.675
30 septembre	4.421
30 octobre	4.784
15 novembre	5.164

Lorsque les divers dosages opérés sur les olives étaient terminés, on opérait de même sur les feuilles desséchées, préalablement réduites en poudre fine.

Les diverses opérations, commencées sur les feuilles mélangées de fleurs cueillies au 30 mai, ont été poursuivies, mois par mois, jusqu'à la récolte des olives, qui a eu lieu en novembre dans la haute Provence.

Matières grasses et chlorophylle. — La formation de ces principes dans les feuilles et les fruits est toute locale. La chlorophylle que l'on trouve très-abondante (5,432 pour 100 de la matière sèche) à la fin de mai dans les feuilles, y persiste ou s'y modifie sans subir de migration vers les extrémités. Lorsqu'à la fin de juin l'analyse n'accuse que 4,330, proportion qui ne varie, par la suite, que dans des limites assez restreintes, la diminution apparente est due à l'augmentation des autres principes immédiats pendant l'accroissement des feuilles, la chlorophylle étant restée stationnaire.

Dans les fruits la chlorophylle n'est que peu abondante (1,397 pour 100 de la matière sèche) dès le commencement et semble ne pas devoir augmenter dans des proportions bien sensibles, car l'extrait par le sulfure, qui, lors de la première analyse, présente le même aspect que celui des feuilles, se modifie dès la fin de juillet; la matière est alors bien plus facilement fusible, bien qu'encore solide à froid; à la fin d'août cet extrait devient pâteux, et après septembre, même à froid, l'extrait est liquide, les proportions centésimales augmentant jusqu'à la fin de la récolte. La matière grasse ne subit pas de migration, elle se forme, sur place, aux dépens de ces principes immédiats qui n'ont pas été isolés.

Matières albuminoïdes. — Les proportions de ces matières augmentent, dans les feuilles, jusqu'à la fin de juillet, époque à laquelle elles semblent avoir atteint leur plus grande proportion; elles décroissent ensuite fortement dans le mois d'août pour se rendre dans le péricarpe du fruit, où elles atteignent leur maximum; il semble qu'alors une nouvelle migration s'effectue, très-probablement vers l'endosperme, car les analyses suivantes indiquent, à la fin de sep-

tembre, une diminution des deux tiers dans la proportion des matières azotées de la pulpe du fruit, diminution qui ne saurait être entièrement attribuée à la cessation d'apport de nouvelles matières azotées, tandis que les autres principes augmentent toujours. A partir de cette époque, qui doit coïncider avec la formation de l'amande, les proportions se relèvent un peu dans les feuilles, aussi bien que dans les fruits, mais d'une manière peu sensible. C'est alors que le fruit semble avoir atteint tout son développement; il n'y a plus guère, à partir de ce moment, que des transformations dans la constitution du péricarpe et des migrations vers l'endosperme.

Ligneux. — Les proportions de ligneux paraissent s'abaisser dans les feuilles, au mois de juin, par suite de l'accumulation, à cette époque, des principes qui devront se porter vers les fruits; mais à partir de la fin de juillet la proportion primitive est rétablie et elle continue à s'accroître ensuite comme conséquence des migrations des matières albuminoïdes, minérales et autres non déterminées.

Dans le fruit, c'est à la fin d'août qu'elle atteint son maximum, elle décroît alors, par suite de l'augmentation de la matière grasse et des principes divers.

Matières minérales. — Dans les feuilles, les matières minérales augmentent en quantité totale jusqu'à la fin d'août pour diminuer ensuite jusqu'à la maturité du fruit.

Dans le fruit, elles paraissent atteindre leur maximum à la fin d'août; mais ce maximum n'est évidemment qu'apparent, parce que c'est en septembre que celui-ci prend tout son développement, sans qu'alors la migration des matières minérales soit proportionnelle à celle des matières diverses. La diminution apparente de septembre ne persiste pas, du reste, car ces matières se relèvent successivement de 2,736 à 2,964 et 3,060.

Les changements survenus dans les proportions des divers sels constituant ces matières minérales ne sont pas moins curieux que ceux que nous venons de signaler.

Pour les feuilles, nous voyons, en effet, les proportions des sels alcalins s'accroître jusqu'à la fin de juillet; en août ils émigrent vers les fruits, ils y représentent la plus grande partie des matières minérales. A partir de cette époque, l'accroissement de ces sels recommence progressivement dans les feuilles, se poursuivant et s'accentuant jusqu'à la cueillette du fruit.

Dans les fruits, la quantité de sels alcalins augmente en même temps que la quantité de matières grasses, cette augmentation devenant presque proportionnelle pour le phosphate de potassium, l'anhydride phosphorique passant de

	1.675 fin d'août, la matière grasse formant les	29.19 p. 100 des matières organiques		
à	4.421 fin septembre................	62.304	»	»
»	4.784 fin octobre...................	67.213	»	»
»	5.164 15 novembre................	68.575	»	»

Phosphates alcalino-terreux. — Dans les feuilles, la proportion des phosphates de calcium et de magnésium augmente jusqu'au mois de juillet pour commencer à diminuer alors et tomber brusquement en août, tout aussi bien que les sels alcalins. Il semble cependant que la migration des phosphates alcalino-terreux précède un peu celle des sels alcalins, correspondant ainsi à la migration des matières azotées, tandis que les sels alcalins se transportent surtout lors de la migration des principes divers et de leur transformation en matières grasses.

Dans les fruits, la proportion la plus élevée de phosphates alcalins a lieu en août en même temps que celle des matières albuminoïdes; si elle diminue alors, ce n'est pas en proportion aussi considérable, ce qui indiquerait que les phosphates alcalino-terreux se sont bien fixés dans la pulpe et y sont devenus insolubles. L'acide phosphorique qui pénètre dans l'endosperme pour la formation de l'embryon doit être peu considérable et sous forme de phosphate alcalin.

Silice insoluble. — Les proportions de silice insoluble trouvées dans les feuilles, et très-probablement dans les fruits, sont dues, pour la plus grande partie, à des poussières adhérentes, ainsi que le montre l'examen microscopique.

Ce travail a été exécuté sur des feuilles et des fruits de la variété dite blanquet, récoltés sur le domaine des Mazets-la-Roche, près Tarascon, appartenant à M. Émile Mourret, ancien répétiteur à l'École nationale d'agriculture de Grignon, mon collaborateur, que je suis heureux de remercier du concours empressé qu'il a bien voulu me prêter.

L'AQUICULTURE FRANÇAISE

I. ICHTHYOLOGIE ET AQUICULTURE. — II. L'AQUARIUM D'ÉTUDE, SON HISTOIRE. — III. CE QU'EST AUJOURD'HUI UN AQUARIUM PUBLIC. — IV. SON UTILITÉ ET SON AVENIR.

PAR

H. DE LA BLANCHÈRE

I

Ichthyologie et aquiculture.

L'aquarium est un récipient dans lequel les poissons et les autres êtres qui habitent la mer ou l'eau douce sont confinés et maintenus à portée d'une observation directe et continue.

Définir ainsi l'aquarium, c'est montrer à la fois son rôle, sa nécessité, sa place. C'est faire pressentir la portée des découvertes qu'il suscite chaque jour, pourvu qu'il soit établi dans les conditions exigées par les services que l'on attend de lui.

L'étude scientifique de ces conditions est née — il faut bien le dire — d'une attraction de curieux.

C'est la curiosité seule qui a créé les aquariums, qui en a rendu le goût général, qui les a faits usuels et populaires, avant qu'ils devinssent, entre les mains d'hommes sérieux, des instruments de science utile. Pour toute personne qui aime la nature — et le nombre en est beaucoup plus grand qu'on ne l'avait jamais soupçonné — il existe une singulière attraction vers les mille êtres de classes diverses qui peuplent nos côtes, au nord, à l'ouest, au midi. Au moment où a paru pour la première fois le moyen d'étudier tout cela, l'innovation était certainement *en avant* de la science, mais la voie ouverte était si attrayante que la science se fit à pas de géant, réunissant tout d'abord une énorme quantité d'informations sur les mœurs et les habitudes des animaux invertébrés, puis montant chaque jour plus haut. Mais en même temps s'est produit ce phénomène, que la zoologie est devenue plus attrayante à mesure qu'elle a été plus et mieux dévoilée : enfin l'apparition du livre célèbre *sur l'Origine des espèces*, les querelles des évolutionnistes et des non-évolutionnistes, tout anima l'apparition des questions zoologiques et en fit une occasion de thèses et d'actualités.

En même temps que ce mouvement naissait, on s'aperçut de plus

en plus que les grands aquariums offraient un intérêt très-vif, et représentaient une des meilleures améliorations qu'on pût trouver pour l'avancement de l'instruction générale. De là, augmentation considérable du nombre de ces établissements, et prévision facile que, dans un avenir peu éloigné, chacune de nos grandes villes en sera pourvue.

Les économistes eux-mêmes se sont trouvés intéressés, tout naturellement, aux études qu'ont permis les nouveaux modes d'observation. Effectivement, depuis ces dernières années, on a dû envisager tout autrement qu'on ne le faisait certaines existences qui ont pour notre nourriture et pour nos transactions une importance de premier ordre; dès lors est née la nécessité de modifier complétement ce qu'on avait basé autrefois sur une assez grossière ignorance zoologique. Il faut avoir le courage de le reconnaître et de l'avouer, l'intervention de la science est indispensable pour mener à bien la grande œuvre du repeuplement de nos eaux : il faut cette intervention pour prévenir les fausses démarches qui se traduisent, dans la vie d'un peuple, par des pertes de temps et d'argent. Serait-ce donc à dire que l'aquarium en lui-même est indispensable à l'établissement normal de ces travaux et à leur direction efficace? N'a-t-on pas la preuve de résultats obtenus sans aquarium et hors de leur portée?

Arrêtons-nous un instant pour considérer que le besoin auquel répond l'aquarium n'est pas de se préoccuper exclusivement de la *fabrication* artificielle du poisson; les Américains l'ont admirablement compris. L'essentiel, pour eux, est de placer le plus de poisson, d'où qu'il vienne, dans les conditions les meilleures pour qu'il prospère. Le bon sens pratique supplée en quelques cas à l'aquarium, mais l'anecdote suivante ne prouve que mieux que, depuis la fondation des aquariums publics d'étude des États-Unis, on a pu comparer ces conditions de réussite dans les milieux les plus divers et en tirer les éléments de méthodes certaines.

C'était en 1790 (1) : un homme de grand sens pratique, le docteur Samuel L. Mitchell, médecin renommé de New-York, va tout droit chercher, en nature, un poisson qu'il a l'intention d'introduire dans un endroit déterminé où il le juge utile et capable de rendre de vrais services. Il se dit que la *perche américaine* était un très-bon poisson et qu'elle ferait très-bien dans les environs de la

(1) The propagation of foodfishes in the waters of the United States (Washington, 1873-74).

ville. Il jeta les yeux sur le Success-Pound, petit cours d'eau de Queens'-Conty, Long-Island. Il prit une charrette, y plaça une barrique pleine d'eau, et s'en alla, à quarante milles de là, dans le Rochankania-Pound, joli petit lac du Suffolk, chercher trois douzaines de perches qu'il rapporta sans accident. La transplantation réussit : aujourd'hui la perche est très-commune dans le *Success-Pound*. Voilà de l'aquiculture faite sans aquarium, et longtemps avant que le nom même en fût inventé chez nous ! On arrive quelquefois au but en marchant au hasard, mais il n'est pas prudent, pour une nation sage, d'avancer ainsi ; la conduite des chambres des États-Unis va nous le montrer, et l'exemple est bon à suivre.

Dès que le Sénat, sous l'influence du *Connecticut*, comprit qu'il fallait s'occuper sérieusement de la question du *repeuplement des eaux* (1), il décida d'abord : qu'il était opportun de faire faire une soigneuse étude des mœurs des poissons, de manière à parfaitement déterminer la nature de leur nourriture, la croissance de leur frai, et toutes les autres circonstances qui pouvaient amener la solution du problème proposé. Une aussi sage résolution fut suivie des moyens de la réaliser, et c'était la véritable enquête à faire. C'est elle qui a produit tous les grands résultats actuels.

La résolution d'étude fut étendue par le Congrès aux lacs intérieurs du pays, des fonds furent affectés aux dépenses nécessaires, et des commissaires furent nommés, mais sans traitement. Un yacht, le *Mazeppa*, fut mis à leur disposition, puis plusieurs autres ; les fonctionnaires des États montrèrent un empressement admirable, et la grande enquête nationale sur l'aquiculture des États-Unis fut commencée. Admirable exemple que nous voudrions voir renouveler chez nous !

Le plan adopté pour l'enquête fut déterminé après des délibérations très-sérieuses. La grande divergence d'opinions qui existait, dans le pays, sur les faits soi-disant connus de la manière de vivre des poissons et de leurs associations en mer, rendait nécessaire d'étudier à fond l'histoire naturelle de ces espèces, pour acquérir une connaissance parfaite des faits et arriver par là à des conclusions satisfaisantes. Tous les traités publiés jusque-là sur les poissons américains ne contenaient, hélas ! comme les nôtres, rien, ou à peu près, sur la vie des espèces côtières, et la plupart étaient en contradiction les uns avec les autres. Il fallut donc dresser un plan systé-

(1) United States commission of fish and fisheries, 1871 (Washington).

matique de recherches, embrassant tout ce dont on devait s'occuper. Nous voyons, dès lors, la science appelant l'aquarium, et, avec lui, l'observation directe à son aide. Il était évident que l'histoire des poissons ne pouvait être parfaite sans une connaissance exacte de leurs rapports de mangeurs et de mangés les uns avec les autres; il devint nécessaire, non-seulement de multiplier les lieux d'observations, les aquarium, mais encore de poursuivre les recherches sur beaucoup de points du pays où l'on supposait que la diminution du poisson venait de la perte ou du déplacement des matières qui servaient à sa subsistance. Pour aller au fond des choses, il fallut aussi se rendre un compte exact de la température des eaux aux différentes profondeurs, de leur constitution chimique et de leur *percentage* en acide carbonique et en air ordinaire, de leur courant, etc.; tout cela pouvait avoir une influence réelle sur les pêcheries à établir plus tard!...

Enfin, il était évident que cette enquête se résolvait finalement en une recherche chimique et physique des caractères de l'eau et en une histoire naturelle de ses habitants, animaux et végétaux. Par conséquent il devenait nécessaire de ne rien omettre, quelque commun ou obscur que le fait parût, qui pût jeter quelques lumières sur le but général et influencer les résultats, de quelque manière que ce fût.

La première station fut fondée à Wood's-Hole, près New-Bedford, pendant l'été de 1871. Elle fournit de très-intéressants résultats par la grande variété de poissons qu'on trouva autour d'elle, espèces dont beaucoup étaient jusque-là inconnues sur la côte de la Nouvelle-Angleterre : ce total forme *cent six espèces!* Mais, passons.

En Europe, les exemples ne manquent pas non plus de peuples sachant cultiver leurs eaux et en tirer grand profit. Qu'il nous soit donc permis de jeter un rapide coup d'œil autour de notre patrie, afin de mieux faire ressortir son incroyable apathie en présence de problèmes d'une semblable importance. La Grande-Bretagne possède, en Écosse, à Stormontfield, près Perth, un véritable Huningue dont les produits sont remarquables. On y élève 300 000 saumons par an pour le repeuplement du Tay. Déjà les pêcheurs évaluent *l'augmentation de la pêche* à 10 pour 100 au moins. Galway, Bellysodare, en Irlande, sont de véritables fermes aquicoles, montées sur la plus grande échelle et dont les produits arrivent à primer tous les autres.

C'est en Angleterre que nous avons assisté à l'une des plus cu-

rieuses transplantations d'espèces, qui, dans ces dernières années, rappellent les plus audacieuses entreprises américaines. Cette opération est toute une odyssée! On alla jusqu'au Volga chercher simultanément des individus, mâles et femelles, en état de fournir des œufs et la laitance nécessaire. Le docteur Knoch avait remarqué que les œufs du sterlet se collent aux corps environnants; il les dirigea donc sur l'Angleterre, *fixés aux parois d'un vase de verre* suspendu au milieu d'un récipient de cuivre, de façon à éviter tout choc possible. Après des soins sans nombre, des difficultés, entre lesquelles la plus imprévue fut la fréquence des jours fériés, trois sur six, pendant lesquels les pêcheurs russes ne se livrent à aucun travail, ce qui tombait au moment même du transport, on arriva cependant.

Alevins et œufs parvinrent en bonne santé, et furent mis en liberté à Leith. L'opération a pleinement réussi : l'*Angleterre a acquis le sterlet!*

La *Norwége* voit ses succès en pisciculture aller toujours croissant, depuis qu'elle est entrée dans cette voie féconde une des premières, et certes non par pauvreté! La *Suède*, elle, a demandé aux nouvelles méthodes le moyen de rendre la fertilité à ses lacs épuisés aussi; elle a réussi au delà de tous ses souhaits. Tous les fermiers de ce pays ont aujourd'hui leur appareil à incubation de truites, et s'en servent sans qu'il soit besoin de les y forcer, concourant ainsi, de tout cœur, à la prospérité de leur pays. L'esprit de nos campagnes est si bien l'opposé de celui des Suédois, qu'un paysan qui saurait qu'un sien voisin a fait dix truites, se lèverait la nuit suivante pour aller les pêcher, s'il le pouvait, même dans son vivier particulier, à plus forte raison si le voisin avait eu la naïveté de les lâcher dans la rivière!

Le *Danemark* a son établissement modèle à Viborg, l'*empire russe* à Nicolski : partout le succès est constant. Non-seulement dans ces diverses stations piscicullurales on a produit les différentes espèces précieuses d'esturgeon, mais on a obtenu des hybridations entre elles; agissant aussi facilement qu'on l'avait fait à Huningue, autrefois, entre les différentes espèces de salmonidés; notons que ces curieuses expériences avaient, depuis 1865, été répétées avec succès à Saltzbourg, l'établissement piscicultural de l'*Autriche*. La curieuse liste des métis obtenus est utile à répéter partout; elle montre quelles seront les immenses ressources que la culture retirera un jour de l'élevage spécialisé des espèces de poissons. On a obtenu des

produits de la truite commune mâle avec l'ombre-chevalier femelle, et réciproquement de l'ombre-chevalier mâle avec la truite commune femelle ; de même, on a obtenu les deux croisements analogues avec la truite des lacs.

Dans notre *France*, qu'a-t-on fait? Rien. — Qu'est-ce à dire? nos eaux sont-elles donc stériles, peu abondantes ou mal distribuées? Au contraire, chacun peut s'en convaincre en consultant la carte du pays : nous avons de grands fleuves, de belles rivières..., nous avons trois mers qui nous bornent! Nous aurons, quand nous le voudrons, l'abondance partout. Et encore ce n'est pas tout, chaque ferme, si petite qu'elle soit, possède une mare, un abreuvoir, et tous peuvent être cultivés en poisson, et devraient l'être! Ce qu'il y a de ce chef à gagner pour notre pays est à peine croyable.

Objectera-t-on que ces mares et ces abreuvoirs sont de dimensions trop restreintes? Mais que dirait-on du cultivateur qui dédaignerait une parcelle de champ parce qu'elle n'offrirait pas des dimensions susceptibles d'y exercer la grande culture? on le raillerait... et l'on aurait raison. Pourquoi donc n'en ferait-on pas autant lorsqu'on lui voit laisser la même surface en friche improductive?... Cependant, beaucoup de problèmes sérieux — beaucoup plus sérieux que le brave cultivateur ne le pense — se rattachent à cette mare. Quand il ne s'agirait que de la santé générale de ses gens et de ses bêtes, l'homme des champs devrait déjà s'inquiéter et s'enquérir. Comment se fait-il qu'il n'y voie pas de lui-même autre chose : son intérêt?...

La réponse est bien simple et bien naïve : par ignorance! Il ne sait pas ce qu'on peut tirer de la mare; il ne le soupçonne pas, et personne n'est là, dans le pays, près ou loin, pour le lui enseigner. Un exemple seulement, à propos de la pêche d'un poisson d'eau de mer, de la sardine. La pêche de la sardine, cette providence des côtes bretonnes, occupe aujourd'hui une flottille de 600 à 700 barques, qui part, tous les matins, du seul petit port de Concarneau; c'est par millions, disons mieux, par milliards que les embarcations rapportent le bienfaisant poisson. Aussi l'avidité insatiable des riverains s'est éveillée devant le haut prix et la facilité des débouchés créés par les *usines de conservation;* on a poussé à la pêche excessive en dehors des temps et des lieux habituels. On ne pêchait autrefois que *du mois de mai à la fin de septembre :* on a commencé *vers la mi-mars*, avant que les sardines aient pu jeter leur frai ; au lieu de rester près des côtes, on est allé jusqu'à cinq et six lieues en mer;

au lieu de n'arriver qu'à l'heure où il convient de laisser dériver les filets, alors que la sardine se lève du fond, beaucoup de barques partent le soir et vont passer la nuit, jeter l'ancre sur le banc même, afin de commencer la pêche avant les autres.

On a fait ainsi, d'abord, de beaux bénéfices et pêché des chargements considérables; mais l'excès n'a pas tardé à produire ses effets inévitables. On voulait trop, on a eu moins. La sardine, pourchassée à outrance, s'est éloignée; tourmentée par les pêcheurs affolés de rapine, elle a reculé devant eux!...

Aujourd'hui, les pêcheurs sont obligés d'aller la chercher *par delà les Glenans*, ces rochers admirables qui barrent la baie en avant de la haute mer; souvent *jusqu'à Belle-Ile!* Ils restent absents toute une semaine; souvent, malgré cela, ils reviennent la barque vide! Depuis plusieurs années, la pêche est devenue *si mauvaise et suit une progression si franchement décroissante*, que tous les gens raisonnables en sont frappés. Avec la diminution des produits, les prix se sont élevés, les fabricants de conserves se montrent plus exigeants; on dirait qu'ils sentent que la manne qui a fait leur fortune va leur manquer. Ils ont raison, elle va leur manquer si des mesures sévères ne font tout rentrer dans l'ordre. Arriveront-elles à temps?... En attendant, les pêcheurs se plaignent; et tous les ans, on entrevoit avec plus d'effroi l'hiver qui approche, amenant la misère... Nos pêcheurs, dans leur rapacité, auront *amené cette misère!...* cela dit tout.

II. — L'aquarium d'étude. — Son histoire.

Quoique les moyens artificiels de *conserver des poissons vivants* soient connus depuis un grand nombre de siècles, l'*aquarium*, dans le sens que nous donnons à ce mot, est absolument moderne. Les anciens Romains étaient autant enthousiastes de leurs divers viviers à poissons que nos compatriotes actuels le sont de leurs serres à orchidées ou autres plantes rarissimes. Aucune dépense ne leur semblait exagérée pour créer ces viviers aussi grands et aussi agréables que possible, pour y réunir les poissons les plus curieux, les plus splendides, au milieu desquels brillait au premier rang le précieux *mulet* (*mullus barbatus*). Qu'on songe que cet animal était non-seulement conservé soigneusement, à cause de sa beauté, dans les réservoirs, mais était amené *en vie sur la table*, afin que les convives assemblés pussent jouir du changement rapide et curieux

de ses couleurs pendant son agonie. Très-souvent il fallait, pour obtenir cet effet dans toute sa splendeur, créer un système de canaux qui venait du vivier sur la table, dans la salle à manger.

On comprend qu'un mulet semblable, quand il était de belle dimension, devait atteindre une grande valeur. On sait, par exemple, qu'un pareil poisson, pesant quatre livres et demie, coûtait au moins 1 500 francs! Sous Caligula, on en trouva un de *quarante livres* qui fut payé 6 000 francs! Puis, Pline (1) raconte que le vivier d'un seul patricien romain lui coûtait 800 000 francs!!!

Ces viviers étaient tellement grands et si bien approvisionnés que le même auteur nous rapporte que le poisson seul des viviers de Lucullus, le fameux gourmand, coûtait autant que les viviers! Nous ne voulons pas parler des huîtres, pour lesquelles, au même temps, les Romains faisaient d'égales folies; mais auprès de cela, ouvrons encore Pline l'Ancien, et demandons-lui *comment on savait acclimater les poissons*. Il décrit un à un les différents poissons de la Méditerranée, et ne manque pas de faire remarquer que, pour quelques-uns d'entre eux, le goût a changé, les faveurs de l'homme ont pris une autre direction; enfin, il arrive au *scare*. Citons: « A l'époque actuelle, c'est le scare qui a la palme; on dit qu'il est, de tous les poissons, le seul qui rumine, et qu'il se nourrit d'algues et non d'autres poissons. Très-commun dans la mer Carpathienne » — entre l'île de Crète et celle de Rhodes, — « jamais il ne dépasse *spontanément* le cap de Lectos, en Troade », — c'est-à-dire au nord. Par conséquent, on prenait ce poisson dans la partie est de la mer Égée, entre les nombreuses îles qui bordent la côte d'Asie Mineure. — « Sous le règne de Tibère Claude, Optatus Elipertius, préfet de la flotte, en fit venir qu'il dissémina le long de la côte, entre Ostie et la Campanie », — à peu près entre l'embouchure du Tibre et celle du Liris, aujourd'hui Garigliano. — « Pendant environ cinq ans, on veilla à ce que tous ceux qui étaient pris fussent *rejetés à la mer*. Depuis ce temps » — Pline écrivait ceci une vingtaine d'années après l'introduction par Optatus Élipertius, — « *ils sont devenus très-communs* sur le rivage d'Italie où ils étaient auparavant absolument inconnus. Ainsi, ajoute-t-il malignement, la gourmandise, en quête de saveurs nouvelles, a semé des poissons à sa porte et donné un nouvel habitant à la mer, afin qu'on ne s'étonnât point de voir des oiseaux étrangers pondre à Rome!... » Les scares existent encore sur

(1) Livre IX, chap. XXXI, LXXX.

la côte italienne. Le transport a réussi; comment le préfet de la flotte a-t-il fait? Nous l'ignorons absolument.

Les Chinois aussi savent, depuis des siècles, conserver les poissons vivants pour la table et le marché. Le *cyprin doré* vient de leur pays où il alimente leurs réservoirs, et n'est introduit en Europe que depuis environ deux siècles.

Il est bien évident que la plus naturelle des combinaisons artificielles permettant d'avoir toujours du poisson pour la table, c'est le vieil étang de nos pères, et le meilleur étang celui qui renferme une grande quantité de végétaux y maintenant l'eau pure, et dont le lit est traversé par un courant. Ce qu'il y a de curieux, c'est que la *relation* qui existe *entre les plantes et les animaux* n'était pas encore connue *avec certitude* vers le milieu du siècle dernier : c'était à la chimie actuelle qu'était réservé de faire assez de chemin pour que l'on comprît le rôle des gaz en présence. Les animaux aquatiques avaient été décrits par Trembley, Baker, Leuwenhoek, Hoobles et autres, mais les uns les prenaient directement sauvages, les autres, comme Trembley, les conservaient, comme les hydres, dans des bocaux dont ils changeaient l'eau constamment. On était encore bien ignorant et bien loin de la vérité! Même sir John Dalyell, dont les recherches délicates sur la structure et les mœurs des zoophytes furent publiées dans un livre splendidement illustré sur *le Pouvoir du Créateur révélé par la Création*, et sur *les Animaux rares et curieux d'Écosse*, ne savait les conserver assez longtemps en vie qu'en changeant l'eau des vases très-souvent, tout le temps qu'ils y étaient maintenus.

Une des premières études qui ait été faite sur l'établissement des aquariums d'après les idées modernes, en équilibrant la vie animale par la vie végétale, a été commencée à Bordeaux, en 1830, par un Français, M. de Moulins. Ce naturaliste découvrit et constata qu'en enterrant des plantes dans l'eau qui contenait des poissons et des mollusques, ces animaux étaient plus forts que partout ailleurs et se conservaient en meilleure santé. Telle fut l'origine, et bientôt la question fut établie scientifiquement, quoique la manière pleine de précautions avec laquelle furent exposées des conclusions qui, aujourd'hui, nous semblent évidentes d'elles-mêmes, puisse paraître ridicule et exagérée. Elles furent faites toutefois d'une manière absolument scientifique, qui ne concède rien qui ne soit parfaitement prouvé.

A la réunion de l'Association britannique, à Cambridge, en 1833, le Dr Daubeny, généralisant les anciennes observations de Priestley, de Sennbier et d'Ingenhousz, montra que les plantes, quand elles sont dans l'eau — surtout les espèces aquatiques — *exhalent* de l'oxygène et *absorbent* du carbone sous l'influence de la lumière. Après avoir détaillé ses expériences, il exprime l'opinion — qui depuis a été non-seulement reconnue vraie, mais universellement acceptée — qu'il ne voyait aucune raison pour douter que l'influence des végétaux doive servir à une complète compensation de la vie animale.

Ce n'est pas tout : les travaux d'un naturaliste véritable, le Dr N. S. Ward, vinrent à propos prouver aux amis de la nature que les vues magnifiques de Priestley, de Daubeny et autres pouvaient être pratiquement appliquées. En 1842, M. Ward publia un opuscule dans lequel il décrivit une série d'expériences qui prouvaient que les animaux et les plantes pouvaient être conservés dans des boîtes de verre imperméables à l'air, et que le tout pouvait être combiné de façon que ce que l'un expirait l'autre l'inspirait. Il avait commencé ces expériences en 1827, et la *boîte à la Ward* pour la croissance des fougères dans les salons est le résultat pratique de ces expériences.

Le Dr Johnston, l'auteur célèbre des *Zoophytes anglais*, adopta, dès 1842, le principe compensateur dont nous venons de parler : dès cette époque, il avait une provision d'éponges, de zoophytes, etc., conservés artificiellement pour ses recherches scientifiques. Ces animaux étaient placés dans de petits vases où étaient plantées en même temps la *coralline commune*, la *laitue de mer* ou *ulve*, et plusieurs autres algues. Le résultat était si complet qu'il suggéra au docteur la possibilité des aquariums marins sur une grande échelle. En 1846 fut d'ailleurs entrepris par madame *Anna Thynne* le premier essai de conserver l'eau de mer constamment fraîche par la présence de plantes vertes vivantes.

Il était évident que ces faits, appuyés sur de nombreuses expériences et affirmés par elles, ne pouvaient manquer promptement d'applications sérieuses. Dès 1850, M. R. Warington, dont le nom est inséparablement lié à l'histoire des aquariums, fit des communications à la Société de chimie sur ses expériences pour conserver fraîche l'eau d'un aquarium. Ce procédé était bien simple et sans prétention : il différait très-peu de celui qu'avait indiqué Pepy dans

son *Journal :* l'expérience consistait surtout en l'emploi d'un globe de verre rempli d'eau douce dans laquelle avaient été mis deux poissons rouges en même temps que quelques pieds de *vallisneria*. Cette dernière est peut-être la plus abondante productrice d'oxygène de toutes les plantes aquatiques connues, et était dès longtemps recherchée, sans savoir pourquoi, par les propriétaires d'aquarium. Peu après, M. Warington introduisit quelques limaces d'étang pour manger les algues vertes qui se formaient le long des surfaces intérieures du verre : deux ans après, lui et M. Gosse firent des expériences sur les mêmes moyens en présence de l'eau de mer. Ce fut l'origine de l'engouement pour les petits aquariums que l'on vit naître peu après. Des bassins furent construits pour cela, des plantes et des animaux marins introduits en proportion convenable pour assurer la neutralisation de la respiration des uns par celle des autres.

L'époque la plus remarquable de l'*histoire de l'aquarium* est certainement celle où apparurent les livres charmants de M. Philip Henry Gosse. Rien n'est plus fin, plus délicat, et n'a plus contribué à la construction des aquariums que la description qu'il fait des objets les plus simples des bords de la mer, objets qui n'avaient jamais eu une histoire aussi attrayante. Plusieurs musées publics, entre autres celui de Liverpool, exposèrent bientôt après de petits bacs en verre, contenant des animaux et des plantes aquatiques combinés de façon à conserver l'équilibre. M. Gosse commença avec les *anémones de mer*, le plus aisé à trouver de tous les animaux de la côte et à conserver en bonne santé. Une collection de ces êtres et de certains vers marins très-intéressants qu'il avait faite à Ilfracombe, fut achetée par la Société zoologique de Londres et transportée dans le pavillon des poissons, tout nouvellement construit au jardin zoologique.

En faisant ensuite une collection pour l'aquarium qui fut ouvert en 1853 — il y a déjà 25 ans ! — M. Gosse rassembla un plus grand nombre de matériaux, et bientôt parut son livre sur les *Aquariums marins*, que suivirent les *Promenades d'un naturaliste sur la côte du Devonshire.*

Le petit aquarium construit au jardin zoologique de Londres en 1853, fut le premier ouvert au public en Angleterre. Malgré ses faibles dimensions, il fournit de bons résultats. Le mouvement était donné. Dans la même année, un autre aquarium public fut ouvert pendant quelque temps au jardin zoologique de

Surrey. Puis à Dublin commença, vers le même moment, un aquarium de plus longue durée et qui fut remarquable par l'idée ingénieuse de son directeur, M. le docteur Ball, de fournir aux bacs de l'*air frais*. Il fit construire des soufflets que les visiteurs de l'aquarium faisaient marcher à la main, comme une sorte d'amusement; et le docteur trouva que la quantité d'air ainsi administrée était suffisante. Mais cette méthode, un peu primitive, était trop incertaine pour que d'autres établissements osassent l'imiter.

C'était fort bien de désirer avoir un aquarium, mais la grande difficulté que rencontraient les personnes qui habitaient au milieu des terres était de se procurer de bonne eau de mer. Pour répondre à ce besoin, M. Gosse montra, en 1854, comment on pouvait fabriquer de l'eau de mer artificielle, tout simplement en ajoutant des sels à de l'eau douce bien pure. Les bains de mer artificiels, dont on fit alors un grand usage, furent ainsi produits par une légère modification dans la formule du docteur Gosse.

L'expédient obtint tant de succès, que même de grands aquariums publics, comme ceux qui plus tard furent fondés à Hanovre et à Berlin, furent remplis d'eau de mer artificielle. Dès ce moment, il fut démontré qu'il ne fallait pas grand'peine pour conserver dans l'eau douce comme dans l'eau salée des animaux bien vivants et pleins de santé; qu'il fallait seulement aérer l'eau ou y ajouter des plantes aquatiques convenables; dès ce moment aussi fut décidé le succès des aquariums publics que l'on fonda dans la plupart des grandes villes d'Europe. C'est ainsi que nous voyons surgir des aquariums à Belfast, Galway, Édimbourg, Scarborough, Weymouth, Boston, Vienne, Hambourg, Cologne et surtout au Havre.

Quelques-uns consistaient en un immense réservoir où les animaux recevaient de l'air frais par le moyen d'une pompe, dans d'autres par l'aération naturelle des plantes; mais quand les bassins étaient grands, on s'aperçut bientôt que ce dernier système offrait un grand nombre de difficultés : on y renonça, et dès lors les grands bacs furent aérés en forçant l'air à circuler par petites bulles dans l'eau, qui à son contact avec l'oxygène se chargeait de ce gaz et en même temps laissait échapper son acide carbonique. L'intérieur du grand aquarium du Havre fut garni de rochers factices ressemblant à la grotte de Fingal à Staffa. D'autres décorations, quelques-unes de très-mauvais goût, furent adoptées à Bruxelles, Hanovre, Boulogne, Berlin et Cologne. Cependant l'aquarium de Hambourg,

construit en 1864, eut beaucoup de succès ; il suivait celui du jardin d'acclimatation de Paris et fut longtemps considéré comme le plus beau du continent.

Ce qui contribuait à l'éclat des aquariums de la Grande-Bretagne, c'est qu'il s'était formé une pléiade de naturalistes spéciaux qui, étudiant toutes les circonstances de ces beaux établissements, étaient capables de les diriger vers la science et de les aménager convenablement ; citons MM. Henry Lee, W. A. Lloyd (1), C. L. Jackson, etc., etc. Dès ce moment, le génie des Anglais se donne carrière, les bacs deviennent des docks, les aquariums des établissements grandioses, et l'aquarium monumental est créé. C'est celui du palais de cristal, à Sydenham qui ouvre la marche en 1871 : il a 400 pieds de long, et 60 grands bacs. Mais Brighton arriva et le dépassa avec ses bacs de 110 pieds de long. Puis, ce sont dix villes, vingt villes qui veulent avoir leur aquarium, et l'Angleterre se couvre de constructions monumentales grâce auxquelles d'importantes découvertes ne tardent pas à se produire.

III. — Ce qu'est aujourd'hui un Aquarium public.

Ce n'est pas sans une intention bien arrêtée, qu'on le croie donc, que nous avons rassemblé avec tous les documents qui peuvent rappeler par quelle suite non interrompue d'efforts et d'études on est arrivé à comprendre, et à ériger en théorie, la conduite rationnelle d'un aquarium moderne, destiné à l'étude et à l'enseignement. Notre but a été de démontrer sans réplique que tout est raisonné et défini dans une semblable théorie, et que tout y est logique et déduit des lois fixes de la physiologie animale et végétale. Nous avons voulu affirmer enfin qu'il est indispensable à celui qui veut construire et diriger un semblable appareil, de posséder des notions scientifiques spéciales et la volonté bien arrêtée de se laisser conduire par elles. Un établissement dont l'ensemble ne peut être maintenu toujours que par l'accord, que par l'équilibre instable de deux forces vitales, animale et végétale, n'est point un joujou que l'on mène au hasard et selon l'inspiration du moment ; c'est une grande affaire qui sombre si elle n'est pas dirigée par des règles fixes,

(1) Official Hand-Book of the marine aquarium, etc., by W. A. Lloyd. 1876.

immuables, dont le sens et l'origine ne sont point à notre discrétion.

Ce qui est démontré, et surabondamment démontré à l'heure où nous écrivons, c'est qu'il est, avant tout, prudent et avantageux, dans la construction et l'agencement d'un aquarium d'eau de mer, de se rapprocher autant que possible des conditions de la nature. Or que nous montre celle-ci, quand nous savons y lire? Elle ne nous inspire point le morcellement de l'eau disponible dans des petites cases séparées où celle-ci se corrompt et devient impropre à l'habitation de toute espèce animale. Non, elle ne nous indique rien de semblable! Elle nous montre une immense masse d'eau réunie en un seul tout, et ce grand tout animé de mouvements oscillatoires, de courants, d'un brassage perpétuel, en un mot, qui ne s'arrête jamais!

Que reste-t-il donc à faire et à conclure?

Que nous aurons d'autant plus de chance de réussir que nous nous procurerons dans l'aquarium :

1° *Une masse d'eau homogène, demeurant toujours réunie et d'un cube plus considérable;*

2° *Des mouvements continuels aussi marqués que possible dans l'intérieur de la masse;*

3° *Une aération plus complète de l'eau en contact avec les plantes et les animaux.*

Ceci posé et facilement admis, que devrons-nous en conclure?

Que si l'on veut conserver une masse d'eau aussi considérable que possible, et par cela même soustraite aux influences atmosphériques de chaleur et de refroidissement, aux influences climatériques et électriques, l'ancien morcellement de cette masse en petites parties séparées, *en bacs isolés*, est le comble de l'absurdité, puisque c'est la disposition la plus éloignée des conditions vitales de la mer dont nous avons admis *à priori* l'imitation servile autant que faire se peut. Tout observateur sait combien la fermentation et la décomposition marchent vite dans les trous de la plage où la mer laisse quelques mètres cubes d'eau, et si la marée — dans les mers à marée — ne venait nettoyer le tout, si le soleil même, dans la Méditerranée, ne pompait cette eau en quelques heures, le bord de la mer, infecté, deviendrait inhabitable et dangereux pour l'homme. Pourquoi donc se placer de propos délibéré dans des conditions aussi défavorables, quand un peu de réflexion peut vous les faire éviter?

Mais, dira-t-on, il faudra absolument aérer cette masse d'eau que vous désirez ? — Certes. Dans la nature, c'est le battage, c'est l'émiettement des flots contre les côtes, contre les rochers, sur les grains de sable qui procède à cette fonction. — Comment, dans l'aquarium artificiel, pourvoierons-nous à une fonction analogue? — Tout simplement par un battage, par un émiettement artificiel analogue. Cette obligation, par exemple, nous impose, dès l'abord, une division de la masse d'eau en deux parties périodiquement soumises à un mouvement de courant dont nous venons de reconnaître l'utilité.

Faisant donc deux parts de la masse des eaux, nous en aurons une partie qui se reposera tandis que l'autre sera en service et en contact avec la vie animale et végétale. Que dans le trajet où l'eau *vivante*, ou mieux *vécue*, rejoindra l'autre moitié *morte* ou *en repos*, celle-ci reçoive une aération complète et à saturation, le problème sera résolu, puisque nous puiserons toujours dans la réserve en repos, révivifiée, pour offrir les conditions de l'existence aux êtres vivants que nous avons réunis.

Tel est le problème de l'eau vivifiante, de l'eau active et vivante, dans sa simplicité. Qu'il soit notre œuvre, nous n'y contredisons pas; mais qu'il soit la condition suprême de l'aquarium moderne, nous en sommes convaincu.

Aération artificielle, mais par un battage énergique et continu de la masse d'eau qui a servi, qui est plus ou moins épuisée, avant qu'elle rentre dans le repos temporaire, d'où elle sera reprise pour rentrer dans le circuit fonctionnel. L'expérience a pleinement sanctionné l'excellence de ce système.

Ici se présente un phénomène auquel on n'avait pas songé. Sous l'influence de l'oxygène introduit puissamment et abondamment dans l'eau par des injections constantes d'air atmosphérique, il est arrivé que toutes les matières animales et excrémentielles en présence, matières dues au fonctionnement de la vie animale et végétale, ont *été brûlées* et se sont précipitées à l'état insoluble, se réunissant par le repos de l'eau dans les citernes. D'où une sorte de filtration naturelle continue qui a donné partout et conserve à l'eau toujours en exercice, une limpidité supérieure à celle qu'elle conserve dans la nature, même dans les circonstances les plus favorables. Or cette limpidité absolue est une des meilleures conditions des aquarium, l'une des plus importantes à conserver dans un endroit où l'observation prolongée et continuelle est la

principale chose à considérer. Eau trouble, but manqué. Eau louche, valeur amoindrie.

Il faut donc un repos à l'eau aérée.

Ainsi s'explique et se justifie pleinement la masse considérable des eaux, en stock continuel et en repos dans les grands aquarium de l'Angleterre. A Sydenham, le volume total de l'eau de mer en service est de 240 000 gallons, soit 960 à 1 000 mètres cubes; sur laquelle quantité 1000 gallons ou 400 mètres cubes sont toujours en repos dans les citernes où l'eau dépose et abandonne ses impuretés.

A Westminster, le splendide établissement de Londres, l'ensemble de l'eau de mer représente une masse de 500 000 gallons, soit 2 millions de litres ou 2 000 mètres cubes, sur lesquels une quantité totale de 1 000 mètres cubes est toujours en repos. Mais il y a plus et mieux encore, et qui prouve que la règle que nous avons indiquée ne souffre pas d'exception : dans les aquarium-réservoirs voisins de la mer, dans ceux où il n'y a qu'à se baisser pour prendre de l'eau, qu'à pomper pour puiser dans le grand tout qui longe la construction, l'emploi du stock en repos est encore indispensable. L'eau naturelle est toujours trouble ou tout au moins *louche*. C'est l'expérience qui l'a démontré.

Écoutons l'enseignement des chiffres dans deux des établissements les plus considérables établis au bord même de la mer.

A Brighton, c'est une quantité de 250 000 gallons qui marche; le stock est aussi considérable au repos, et l'ensemble représente 2 500 mètres cubes au moins.

A Southport (1), on emmagasine 150 000 gallons d'eau de mer au moyen des pompes à vapeur; il faut que cette eau se clarifie et devienne limpide comme le cristal; 600 000 litres y sont en réserve, et 600 000 en circulation dans les bacs ou les tuyaux; c'est 1 200 mètres cubes.

A Yarmouth, la réserve est de 180 000 gallons, 720 mètres cubes. C'est le réservoir le moins considérable de tous les établissements de premier ordre; mais la mer est à 200 mètres et donne l'eau par un tuyau de $0^{m},10$ de diamètre. On n'a besoin d'eau nouvelle qu'au plus une fois tous les six mois.

Nous étions donc absolument certains d'être dans le vrai, quand, dans les plans que nous avons proposés pour l'aquarium d'eau de mer de l'Exposition universelle de 1878, nous avions demandé une

(1) The Southport pavillon, Winter gardens and aquarium. M. W. A. L.

quantité totale d'eau de mer de 1 260 mètres cubes en un seul courant, donnant une surface totale évaluée à 680 mètres carrés environ. Remarquons que pour tous les calculs ci-dessus se rapportant aux mesures anglaises, nous n'avons compté le gallon que pour 4 litres; tandis qu'il compte 4^{l},5, ce qui nous a laissé d'un neuvième au-dessous de la réalité.

Mais il s'est produit encore un autre fait sur lequel l'expérience a prononcé et que personne n'aurait osé pronostiquer — nous en avons reçu communication dans notre voyage en Angleterre, lors d'une visite très-détaillée de l'aquarium du palais de cristal, à Sydenham : — c'est que l'eau de mer soumise au traitement artificiel que nous venons sommairement d'indiquer et à une continuelle révivification artificielle, devient infiniment *meilleure* pour les êtres vivants que de l'eau de mer nouvelle. Nous ne pouvions demander des renseignements sérieux à cet égard que dans l'aquarium où le stock en action était assez vieux pour permettre de juger ses qualités. C'est ce qui a eu lieu à Sydenham où l'on conserve précieusement l'eau, *la même eau*, en action *depuis sept ans*, eau qui est beaucoup supérieure à celle toute neuve qu'on lui rajoute chaque année.

La déperdition totale est, du reste, absolument insignifiante; on ne l'estime pas à plus de 2 pour 100 par an, et encore on introduit cette quantité si minime avec des précautions particulières et en la fractionnant avec tout le soin possible, afin qu'elle soit absolument insensible, noyée qu'elle est dans la masse.

Lors donc qu'on n'a pas craint, dans notre Paris, d'avancer sans preuves et au hasard, que l'on ne devait pas songer à avoir un aquarium d'eau de mer au Trocadéro, parce que l'eau ne *pourrait être renouvelée* et coûterait trop cher, on a avancé une chose qui prouve l'absolue ignorance du sujet chez ceux qui l'ont avancée et chez ceux qui l'ont crue. L'eau de mer est facile à avoir quand on n'est pas plus loin de la mer que Londres ou Paris; *elle s'améliore par le service au lieu de s'user*. Telle est la vérité. C'est bien peu de chose, pour la quantité fixe demandée de 1 260 mètres cubes, que d'ajouter 2 pour 100 d'eau douce, soit 25 mètres cubes par an. Un aquarium qui contiendrait 40 à 50 mille mètres cubes et dans lequel on pourrait instituer les plus magnifiquec expériences n'userait pas un millier de mètres cubes par an !

(1) Some observations on public aquaria by W. A. Lloyd, superintendant of the crystal palace aquarium, 1874.

Sans aborder des quantités semblables, aussi grandioses, mais qui peuvent toujours être atteintes peu à peu, et sans charger le budget d'une ville de sommes considérables, n'était-il pas simple, pour commencer, de s'en tenir aux quantités plus réduites de 12 à 1 500 mètres cubes que nous avions calculées et qui, supérieures déjà à ce que l'on avait vu jusqu'à présent dans notre pays si arriéré, auraient permis déjà de curieuses et intéressantes opérations?

Ce qu'il faut remarquer dès à présent, c'est qu'en satisfaisant au premier desideratum présenté, à celui d'une *seule et unique masse d'eau*, par notre système, nous satisfaisions en même temps au second, qui demande un mouvement, un brassage perpétuel... Nous n'excluons pas du tout l'établissement d'une marée artificielle, marchant sans arrêt, et dont la présence et les effets nous semblent indispensables pour la santé et la vie des plantes marines que nous aurions pu, pour la première fois, introduire et voir prospérer dans un aquarium. Ne faut-il donc pas avant tout replacer, pour obtenir la santé, les êtres vivants dans les conditions de leur existence libre et extérieure? N'est-ce pas parce que, avant nous, nul n'aurait osé penser à cela, ou du moins l'essayer, que jusqu'à présent aucune des algues de la mer n'a pu se développer ni même végéter dans un milieu factice et artificiel?

Suivant nos plans, l'eau doit arriver toujours révivifiée dans le bac de l'aquarium où elle entre par le fond, vainquant la pression de l'eau, pression qui ne peut pas s'évaluer, avec la profondeur admise de 3 à 4 mètres, à plus d'un tiers d'atmosphère. L'eau calculée en quantité et en débit, sort de l'immense bac qu'elle parcourt par déversement de la surface. Ce déversement, qui lui-même est déjà une cause d'aération, se trouverait réglé par l'exhaussement et l'abaissement successif et alternatif de vannes qui, conduites par un mouvement d'horlogerie, produiraient une véritable marée en hauteur, durée et baisse, découvrant alternativement des rochers et des plages disposées à cet effet dans différentes parties du bac.

Quoi de plus simple?

Quant au courant qui animerait la masse entière de l'eau de mer dans le grand bac constituant l'aquarium, il est calculé pour faire passer un mètre cube d'eau à la minute devant le spectateur. C'est insensible comme vue et suffisant pour le renouvellement continu de toutes les surfaces.

— Mais, dira-t-on, par quel moyen séparez-vous les espèces de

poissons diverses? Les plus gros attaquent et mangent les plus petits.

— D'accord, quoiqu'il y ait beaucoup à dire sur les modifications des mœurs du poisson qui se sent captif dans un endroit limité. Cependant, rien n'est plus aisé, et pour les soins et pour les nettoyages journaliers. On isole chaque classe au moyen de diaphragmes verticaux en tissu métallique galvanisé; pour les plus petits, une toile métallique suffit; pour les plus gros, un treillage. Ces diaphragmes, toujours mobiles dans des coulisseaux, sont remplacés, quand on le veut, par une vanne en bois tombant dans des raînures et fermant d'autant mieux que la pression latérale la pousse; on met à sec telle partie que l'on désire atteindre pour les soins de propreté quand la vanne a séparé, sans les toucher, les poissons dans une partie du bac que l'on atteindra ensuite en les ramenant dans celle qui a été nettoyée. Une fois l'eau ramenée des deux côtés, la vanne remonte sans effort, et sert plus loin à faire le même travail dont la continuité est indispensable.

Tout le monde doit comprendre dorénavant l'intérêt des mouvements imprimés à l'eau; mais il doit sembler intéressant aussi de savoir comment ces mouvements sont engendrés et par qui. C'est ici le cas de répondre hardiment avec le vieil adage : qui veut la fin veut les moyens. On ne fait rien avec rien. Il est évident qu'il faut un moteur pour engendrer des mouvements : ceux des eaux de l'aquarium n'échappent point à la loi commune. Dans tous les aquariums sérieux de l'Angleterre, le fonctionnement *continu et sans arrêt* des moteurs à vapeur qui y existent, exige le doublement de ces appareils, afin qu'aucun temps d'arrêt ne puisse se manifester dans un ensemble qui ne vit que par son mouvement perpétuel. Les pompes à vapeur, foulantes et aspirantes, sont installées et calculées pour produire l'effet voulu. Dans notre aquarium proposé, de même que dans tous ceux de l'Angleterre, les moteurs sont calculés sur une force de *huit chevaux-vapeur*.

Tout ceci bien entendu, deux questions demeurent à élucider : à combien revient l'eau de mer? Combien coûterait, par an, le mouvement nécessaire à l'ensemble?

Prix de l'eau. — Il résulte des comptes de l'Exposition universelle de 1867, que le prix de l'eau de mer, malgré les conditions défavorables de quantité trop petite et manque d'installation spéciale, n'est pas revenu, au champ de Mars, à plus de 15 francs le mètre cube. Nous constatons que la voie de la Seine est toujours la plus

commode et la plus économique pour faire venir une matière aussi encombrante que de l'eau de mer.

Nous pensons donc qu'on peut très-facilement rendre étanche, de dedans en dehors tout aussi aisément que de dehors en dedans, trois *sapines* dont l'une recevrait 30 à 50 tonneaux d'eau de mer pompée à même.

Comme nous sommes absolument maîtres du temps, on profiterait, une fois la sapine remorquée au Havre, d'un beau jour pour la traîner un peu au large, vers le nord, à quelques kilomètres de la côte. Là, au moyen d'une pompe à vapeur installée sur l'avant du bateau, on le remplirait en prenant l'eau à une profondeur aussi grande que possible, parce que le voisinage de la Seine peut changer la salure de l'eau, mais l'eau douce étant toujours plus légère que l'eau salée, passe toujours à la surface. Une fois les sapines pleines, on les attacherait au *toueur* qui les remonterait à Paris. En dix ou douze voyages, l'ensemble de 1 260 mètres cubes sera donc emménagé dans les citernes et les bacs de l'aquarium.

Nous avons calculé qu'en employant ces moyens si simples, le prix de l'eau s'abaisserait à 10 francs le mètre cube et peut-être au-dessous, pour de l'eau qui durera, au minimum, dix ans en service; probablement beaucoup plus, et dont le remplissage annuel, de 25 à 30 mètres cubes, reviendrait à 2 ou 300 francs. Prix total de l'eau : 12 à 15 000 francs! Est-ce là une somme importante?

Prix du mouvement. — Nous laisserons de côté le coût des deux machines à vapeur et pompes, le tout du système Mill, Müller et Roux, par exemple, qui, d'après leurs catalogues, reviendraient à 10 000 francs ensemble. Examinons simplement ce que dépensera, par année, la mise en mouvement dont nous avons besoin. Comptons : charbon de terre, 500 kilos par jour, multipliés par 365 jours, cela produira 182 tonneaux, à 58 francs l'un, ci : 10 556 francs. Maintenant, personnel : trois mécaniciens, en tout 18 francs par jour, soit pour 365 jours une somme de 5 570 francs. Ajoutons enfin : huile, garnitures, toutes fournitures et réparations pour des machines marchant sans arrêt, formant une somme de 3 874 francs.

Nous arrivons à un total rond de 20 000 francs par an!

Tel est le prix d'entretien du mouvement dans un grand aquarium d'eau de mer. Combien vaudront les découvertes que l'on y fera?

(1) Compte rendu officiel.

Récapitulons toutes les dépenses possibles :

Eau de mer, achat premier	12 600 fr.	
Deux machines	10 000	
Aérateur	3 000	
Installation, etc	4 400	
	30 000	30 000
ENTRETIEN.		
Eau de mer, ouillage annuel	300 fr.	
Mouvement	20 000	
Bâtiment, réparation	1 700	
Surveillance	3 000	
	25 000	25 000
Total général		55 000

Notons que l'on peut ouvrir cet aquarium au public, et que si seulement soixante personnes y entrent chaque jour, à 1 franc, les frais sont plus que couverts. Voilà donc ce qu'il en coûte pour établir un aquarium d'eau de mer digne d'une grande nation !

VI. — A quoi sert un aquarium public?

Construit et conduit suivant les règles bien définies que la physiologie rationnelle a enseignées à la science, un aquarium est un vrai soupirail ouvert dans la mer. Grâce à lui, ce domaine des eaux qui semblait irrévocablement inaccessible et fermé à l'homme par suite de son organisation, devient ouvert à ses recherches. Désormais, aucuns des phénomènes imprévus qui s'accomplissent mystérieusement au sein des eaux ne lui échapperont, cette nouvelle fenêtre ouverte sur l'immensité double l'étendue de son domaine.

Nous ne sommes encore en possession de l'instrument de ce progrès, de l'aquarium, que depuis hier, si nous comparons l'époque de son invention à la durée des âges écoulés ; mais telle est la fécondité énorme de ses applications, que déjà plusieurs problèmes curieux ont été résolus, que déjà nombre d'erreurs ont été relevées, et en même temps que la science a marché. Que sera-ce donc quand les années et les siècles auront passé là-dessus, rendant usuels des procédés qui ne le peuvent pas être encore, et amenant la conduite de ce magnifique instrument à être sûre et parfaitement réglée !

Bien fausse est l'idée des gens du monde qui se figurent qu'un

aquarium moderne est un amusement, une grande lanterne magique de sciences naturelles ouverte au public pour sa distraction.

L'aquarium est, comme le microscope, un instrument d'investigation et de science, rien de plus, rien de moins.

Qu'on veuille donc bien débarrasser tous les aquariums que l'on bâtira désormais en France des décors en papier peint dont on ne craint pas de les affubler comme des théâtres; qu'on les délivre des grottes, des stalactites et autres fantaisies dont on les a trop souvent déjà entortillés. Non! un aquarium est un endroit sérieux comme doit l'être une salle de dissection : un aquarium est austère comme un sanctuaire de la science, et plus son aspect claustral sera frappant, mieux se porteront les animaux qu'il contient et que n'envahiront ni les poussières ni les parasites. Il n'y a dans un tel endroit rien que de sérieux, et si on y admet le vrai public, que ce soit pour parler à ses yeux, non par des ajustements ridicules, mais par la splendeur ou l'inconnu des scènes qui se présenteront et par la grandeur des bacs qu'on lui fera admirer.

Notre critique semblera peut-être bien rigide à quelques esprits superficiels. Qu'on nous permette cependant d'y persister : le domaine de la science est sacré, et rien n'est plus malséant, à nos yeux, que les mascarades dont on ose envahir le prétoire. N'attirez pas le public malsain qui fréquente les lieux d'amusements, élevez l'accès des étudiants par la grandeur des scènes que vous leur montrerez, et vous aurez bien mérité de la patrie.

Dans un cas, dernièrement, l'aquarium a permis de reviser une loi qui avait été fondée sur notre ignorance zoologique et qui semblait plutôt établie pour faire du mal que du bien à la reproduction des poissons qui nous sont le plus utiles. En 1865, une commission royale anglaise, qui contenait cependant dans son sein plusieurs naturalistes, se transporta dans plusieurs des ports de pêche du Royaume-Uni, et prit des renseignements auprès des pêcheurs et d'autres personnes, pour s'assurer si traîner le chalut ne faisait pas beaucoup de mal en défonçant les fonds de la mer alors que les œufs des poissons y étaient déposés. L'idée de la commission était alors que la morue et le merlan, deux des plus abondants de nos poissons du pays, déposaient leurs œufs sur les fonds de la mer.

Or le professeur Sars, célèbre naturaliste Danois, avait avancé l'opinion, lui, que les œufs de ces poissons flottaient à la surface; mais il fut démontré seulement pour la première fois, dans l'aqua-

rium de Brighton, que les œufs de ces deux poissons et du maquereau flottaient à la surface durant la période de leur développement.

Sans cette découverte, il est plus que probable que, depuis ce temps, non-seulement le commerce de ces poissons, mais leur approvisionnement, aurait été paralysé par une loi qui aurait restreint l'emploi du chalut envers la morue pendant toute une soi-disant saison de frai. Bien plus, jamais l'analogie n'eût conduit à soupçonner, sans l'observation directe, que des poissons aussi différents que deux gades : la morue et le merlan, mais toujours deux cousins de la même famille, et un *acanthoptérygien*, un scombre, aient pu se rencontrer dans ce même caractère singulier : pondre des œufs flottants et indépendants des fonds que les adultes fréquentent.

D'après Anderson, Duhamel et plusieurs autres, le maquereau serait un poisson de passage, accomplissant, comme certains oiseaux, des migrations périodiques, et fournissant de longs voyages du nord au sud dans une certaine saison, puis revenant dans une autre. « Il me semble, dit Yarrell, que l'on n'a pas assez considéré que, habitant un milieu qui varie très-peu pour la localité, soit dans sa température, soit dans ses productions, les poissons sont soustraits aux influences des deux principales causes qui rendraient leur changement de résidence nécessaire. Indépendamment de la difficulté de tracer ce voyage poursuivi au milieu d'une telle masse d'eau, l'ordre des apparitions du poisson à différents endroits des côtes des parties tempérées et chaudes d'Europe, est l'envers de ce qui, suivant la théorie, devrait être attendu.

» Comme il est reconnu que ce poisson est pris, sur quelques-unes de nos côtes, dans *chaque mois de l'année*, il est probable que le maquereau habite la totalité des mers européennes. Or la loi de nature, qui l'oblige, ainsi que beaucoup d'autres poissons, de visiter les eaux peu profondes des côtes à certaines saisons, apparaît comme une de ces précautions sages et pleines de bonté du Créateur, par lesquelles l'espèce est perpétuée avec une plus grande certitude, et une énorme quantité de nourriture salubre est apportée périodiquement à la portée de l'homme. Si les maquereaux étaient dispersés sur l'immense surface des profondeurs, nous ne pourrions les pêcher avec succès ; tandis qu'approchant des côtes, comme ils le font de toutes les directions, et y rôdant en troupes immenses, on les prend par millions qui cependant ne représentent qu'une bien minime partie de ce qui s'en échappe. Il faut observer,

de plus, qu'il y a à peine un mois dans l'année dans lequel toutes les espèces de poissons, les unes ou les autres, ne viennent point à la portée de l'homme par l'effet de la loi naturelle impérative dont nous avons parlé.

» Le maquereau, lui, pond en juin. Bloch a trouvé 4500 œufs dans une femelle. On a remarqué, au marché de Londres, que les maquereaux de Worthing et de ses environs mûrissaient plus tôt leur frai sur des côtes plates et sableuses, que ne le font les mêmes poissons dans les mers profondes de Brighton. »

Nous avons voulu montrer, par cette citation, l'état de la science avant la découverte que nous devons à l'établissement des grands aquariums; il est intéressant de voir que toute cette théorie, qui paraissait satisfaisante, est à refaire, et que, certainement, en cherchant à expliquer de plus près les circonstances naturelles, on trouvera encore bien autre chose : car, il faut l'avouer, tout cela est obscur, très-obscur! Mais combien de points encore enveloppés de voiles seront éclaircis et éclairés par l'observation dans les grands aquariums!

L'aquarium de Manchester a, par l'entremise de M. Saville-Kent (1), son directeur, payé aussi son tribut à la science, en permettant de reconnaître le premier âge du hareng. Le docteur Gunther avait déjà avoué que, selon lui, la plupart des *whitebait*, si connus dans la Tamise et si recherchés par les amateurs de friture, étaient des jeunes du *clupœa harengus* et non une espèce spéciale de clupée, à laquelle on avait donné le nom spécifique de *clupœa alba*. On avait souvent déjà pris des jeunes *whitebait* et on les avait mis dans les aquariums pour les examiner de plus près; or, en raison sans doute de ses habitudes d'émigrant, ce poisson se blessait et se tuait toujours en se frappant contre les glaces ou contre les rochers disposés dans le bac où on le confinait. Le plus souvent ce mouvement se manifestait pendant la nuit : une espèce de fureur se produisait qui rendait les poissons absolument fous.

Une nuit, le directeur entend dans l'aquarium un manége, un bruit extraordinaire; il y court avec sa lumière... Le tumulte s'apaise... il quitte la place, le tumulte recommence sous l'empire d'un nouvel accès de folie, et nombre de morts couvrent l'eau!... Il revient, le calme renaît.

(1) *Official Guide-Book of the Manchester aquarium.* Third edition.

L'habile directeur devina, non sans un profond étonnement, que le manque de lumière affole ces animaux : il n'ose penser qu'ils *n'y voient pas* dans l'obscurité, et cependant ce fait est aujourd'hui absolument démontré. Il fait installer au-dessus des bacs un faible éclairage, et aussitôt le calme se rétablit pour ne plus être rompu.

A partir de ce moment, la mortalité, qui auparavant était incompréhensible et emportait les plus beaux échantillons les uns après les autres, cesse complétement. N'est-ce pas un curieux et inattendu spectacle que celui d'animaux qui, dans la nuit, sont incapables de trouver leur chemin, se heurtent le nez contre les parois de leur demeure et, affolés, se précipitent contre ces obstacles et s'y brisent le crâne?

Un dernier perfectionnement restait à trouver : celui d'une nourriture que ces poissons voulussent bien accepter, car ils refusaient tout ce qu'on leur présentait. Cette difficulté fut levée, et M. Saville-Kent parvint à nourrir ses difficiles pensionnaires avec les muscles adducteurs des anodontes ou moules d'eau douce, que l'on se procure très-facilement. Tout marcha dès lors à souhait. Les whitebait grossirent et devinrent *harengs parfaits*. Il faut huit mois pour que ces petits poissons arrivent à la moitié de la taille du hareng adulte.

Beaucoup d'autres problèmes sont à l'étude dans les aquariums les plus importants. Dans celui de Southport, c'est M. C. T. Jackson qui est en train d'étudier et de refaire l'histoire si remplie d'obscurité de la truite saumonnée.

A Brighton, c'est l'habile M. Henry Lee (1) qui étudie les poulpes et leurs différentes modifications; pieuvres, sepias, toute cette immense famille de mollusques passera sous son observation et y acquerra une grande clarté, dont elle a, avouons-le, grand besoin. Dans le même aquarium a aussi été étudiée la loi de croissance du saumon.

Dans l'aquarium de Hambourg ont été vérifiées les singularités de la vie du *phyllosome*, larves actives de la langouste, découvertes en France par Coste. Nous n'entrerons pas dans de plus nombreux détails sur d'autres travaux que nous connaissons encore et qui sont en cours d'exécution; chaque jour d'étude qui s'écoule apporte son contingent aux découvertes déjà faites. En France, quelques aqua-

(1) *Guide-Book of the Brighton aquarium*. Fourth edition.

riums de peu d'importance existent, tels que celui d'Arcachon, celui du Havre, de Clermont, etc.; mais soit qu'ils manquent de direction scientifique, soit pour toute autre cause, les découvertes auxquelles ils donnent lieu sont nulles. Cependant, ces établissements, situés au milieu des besoins des populations, sont dans des conditions à signaler facilement leur existence. Arcachon devrait étudier l'action destructive des *étoiles de mer* et des *crabes* sur les huîtres, action dont on ignore absolument les détails, mais qui paraît certaine aux yeux des éleveurs. Le Havre aurait à éclaircir bien des points obscurs sur le parasitisme ou l'oscillation des *ephippium* et de l'huître, etc. Que de nouveau à connaître! que d'obscurités à éclaircir! Et combien on sent la pénurie sur nos trois mille kilomètres de côtes, quand on y compte à peine trente mille établissements, pêcherie, parc, claie, réservoir, filet, etc., c'est-à-dire à peine dix places cultivées par kilomètre (1), couvrant à peine un millier d'hectares en tout! Et quand quelques efforts isolés auront porté des traces de culture dans nos fleuves, dans nos viviers, dans nos étangs et jusque dans les mares de nos fermes, combien nous trouverons encore plus profonde la pénurie que nous signalons!

Nous reviendrons sur ces graves sujets; ce que nous avons dit suffit à faire envisager sous son vrai jour l'usage et l'utilité des grands aquariums actuels. Lorsque quelques siècles auront apporté leurs tributs successifs à ces magnifiques instruments que nous avons fondé hier, la science sera bien en avant de ce que nous la connaissons!

NOTE SUR LA PRÉSENCE DE L'AZOTE NITRIQUE

DANS LES BETTERAVES

PAR

M. A. LADUREAU,

Directeur de la station agronomique du Nord.

Dans un précédent mémoire (année 1876), nous avons fait connaître les résultats d'une étude à laquelle nous nous sommes livré, à l'effet de montrer quel rapport pouvait exister dans les betteraves

(1) *Revue maritime*, fév. 1877.

à sucre entre les éléments azotés et la matière sucrée. Nous avons été amené par nos expériences à cette conclusion que l'azote que l'on trouve dans les betteraves s'y montre en d'autant plus grande quantité que la proportion du sucre est plus faible, ou, en d'autres termes, que l'azote y existe en raison inverse du sucre. Dans de grosses betteraves très-fumées, cultivées en vue d'un rendement cultural élevé, et d'une faible richesse saccharine, nous trouvions une quantité d'azote total très-supérieure à celle que l'on rencontrait dans les mêmes betteraves cultivées avec soin, avec un espacement convenable et une dose d'engrais raisonnable, de manière à produire des racines riches en sucre (1).

Nous avons répété cette année, au seul point de vue de l'azote nitrique, cette étude que nous avions commencée en 1876 au point de vue de l'azote total sous ses trois formes : organique, ammoniacal et nitrique.

Nous avons mis dans un champ parfaitement homogène des engrais différents, les uns très-azotés, les autres moins, les uns renfermant de l'azote nitrique, les autres de l'azote organique ou de l'azote ammoniacal ; nous avons semé dans chacun des carrés d'expériences ainsi préparés, une excellente graine de betterave bien acclimatée et avons donné à tout le champ le même écartement et les mêmes soins culturaux.

Naturellement, les rendements en poids, les richesses saccharines et les coefficients salins des betteraves récoltées sur chacun des 14 carrés ainsi formés furent différents les uns des autres. Pour apprécier les dernières différences, dix betteraves de chaque carré, représentant le plus exactement possible la moyenne de la parcelle, furent soumises au râpage, à la pression et à l'analyse complète ; l'azote nitrique fut déterminé dans le jus de chaque lot au moyen du procédé très-délicat et d'une grande précision que M. Schlœsing, directeur de la manufacture des tabacs de Paris, a rendu d'une facile application. Voici quels furent la disposition, la quantité et la nature des engrais employés, le tout rapporté à l'unité agraire ordinaire, c'est-à-dire à l'hectare, ainsi que les quantités d'azote correspondantes à chacun d'eux.

(1) MM. Fremy et Dehérain étaient arrivés avant nous à cette même conclusion. Voyez *Ann. agron.*, tome I, page 160. — 1875.

PARCELLE.	NATURE DES ENGRAIS EMPLOYÉS.	POIDS.	LEUR TENEUR EN		
			Azote.	Acide phosphor.	Potasse.
		k.	k.	k.	k.
1	Chiffons de laine et superph. d'os.	3.300	224	75	»
2	Chiffons de laine seuls..........	3.300	264	»	»
3	Chiffons traités par l'acide.......	3.600	256	»	»
4	Mat. animal. désagr. et phosph. min.	3.600	108	252	»
5	Tourteaux d'arachide...........	2.750	137	55	»
6	Engrais chimique et azote ammon.	1.600	88	128	50
7	Engrais chimique et azote nitrique.	1.600	88	128	80
8	Engrais chimique et azote organiq.	3.000	88	300	»
9	Fumier de ferme..............	60.000	240	350	100 (?)
10	Écumes de défécat. de fab. de sucre.	60.000	300	150	»
11	Sans engrais..................	»	»	»	»
12	Engrais organique complet.......	2.500	90	175	125
13	Engrais sans potasse...........	2.600	117	182	»
14	Tourteaux de colza............	2.600	130	52	45 (?)

Voici maintenant quels furent les résultats obtenus avec les engrais dont nous venons de donner la liste et la composition.

PARCELLE.	ENGRAIS employés.	RENDEMENT à l'hectare.	DENSITÉ du jus.	SUCRE p. 100	SELS minéraux par décilit.	COEFFICIENT salin.	NITRATE de potasse p. 100.
		k	1067. ou				gr.
1	Chiffons et superphosph...	20.000	6•7	14.57	0.981	14	0.210
2	Chiffons seuls.	27.200	6.0	12.77	0.909	14	0.343
3	Chiffons désagrégés......	29.420	6.6	14.24	0.988	14	0.291
4	Mat. animales et phosphates.	32.380	6.8	14.78	0.810	18	0.087
5	Tourteaux d'arachide	31.420	6.7	14.42	0.882	16	0.079
6	Engrais chim. azote amm...	41.750	6.7	14.90	0.702	21	0.053
7	Engrais chim. azote nitriq..	41.775	6.3	13.52	0.792	17	0.197
8	Engrais chim. azote organ..	40.000	6.5	15.09	0.612	24	0.097
9	Fumier de ferme.........	42.700	6.5	15.21	0 711	21	0.179
10	Écumes de défécation.....	34.380	6.3	13.37	0.675	19	0.125
11	Sans engrais..	26.080	6.8	15.13	0.801	18	0.034
12	Engrais organiq. complet..	35.950	7.0	16.02	0.639	25	0.027
13	Engrais sans potasse......	33.130	6.5	14.69	0.992	14	0.175
14	Tourteaux de Colza.......	38.670	6.4	13.98	0.729	17	0.154

On voit par l'examen de ce tableau que les matières animales azotées (chiffons de laine) employées en assez grande quantité, sont

celles dont l'emploi a fait passer dans la betterave la plus grande quantité d'azote nitrique, et par suite, de nitrate de potasse. Or, comme ces matières ne renferment pas les moindres traces d'azote nitrique, il en résulte qu'elles ont dû déterminer ou du moins faciliter, par leur lente décomposition au sein de la terre, une nitrification assez abondante, dont on retrouve les résultats dans les racines qu'elles ont produites.

On remarque de plus que les betteraves les plus riches en sucre (parcelle n° 12) sont également celles qui ont renfermé le moins de nitrate de potasse, tandis que par contre les plus riches en cet élément salin sont celles du lot n° 2, dans lesquelles on a trouvé la plus faible proportion de sucre.

Il est aisé de voir que, d'une manière générale, les betteraves les plus riches sont celles qui renferment le moins de nitrates, et réciproquement. Ce sont également celles où la proportion de sels minéraux est le plus faible. Il y a donc un rapport entre la proportion de ces matières salines et celle des nitrates, ce qu'il est facile de comprendre.

On remarquera que dans les trois lots 6, 7, 8, renfermant une dose égale d'azote sous ses trois formes : organique, ammoniacal et nitrique, c'est l'engrais à azote ammoniacal qui a donné lieu à la plus faible proportion de nitrate; en second lieu vient l'engrais à base d'azote organique, puis l'engrais à base d'azote nitrique dans lequel la présence de cet élément s'est fait sentir d'une manière assez marquée dans la composition des betteraves.

Néanmoins, comme les betteraves fumées avec des engrais exclusivement organiques (lots 1, 2, 3), renfermant une dose assez élevée d'azote, ont donné une proportion de nitrates plus élevée que celle des betteraves fumées avec de l'azote nitrique (lot n° 7), il nous paraît très-difficile de pouvoir reconnaître par l'analyse chimique si l'on a ou non employé des nitrates à leur alimentation; nous ne croyons cela possible que dans les cas où les cultivateurs auraient mis sur leurs terres un grand excès de ces sels dont une certaine portion serait passée dans les tissus de la betterave.

Il est à remarquer que la quantité de nitrates que l'on trouve dans les betteraves a été cette année généralement assez faible, tandis qu'elle avait été au contraire très-élevée l'année dernière.

Or les betteraves de cette année ont présenté une richesse saccharine exceptionnelle, tandis que celles de l'année 1876 étaient, au

contraire, très-pauvres en sucre. Ceci confirme encore les conclusions que nous venons de tirer pour l'azote nitrique, comme nous les avions déjà posées il y a deux ans pour l'azote total, à savoir que :

Les betteraves riches en sucre renferment une proportion d'azote et de nitrates très-inférieure à celle que contiennent les racines pauvres.

Plus la quantité de sels minéraux est élevée dans le jus d'une betterave, plus, aussi elle renferme de nitrates.

Et enfin les matières organiques azotées, employées à haute dose, sont susceptibles de fournir, par leur nitrification dans le sol, une quantité assez élevée d'azote nitrique aux racines qui sont dans leur voisinage.

ÉTUDES SUR LA CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE

(4e mémoire)

SUR L'INFLUENCE DE L'ÉPOQUE DE L'ENFOUISSEMENT DES ENGRAIS

PAR

M. A. LADUREAU,
Directeur de la station agronomique du Nord.

Nos études de cette année ont eu pour but de reconnaître quelles modifications peut produire sur la réussite des betteraves l'époque de l'enfouissement des engrais, et quels sont les procédés de distribution les plus avantageux.

Voici comment notre expérimentation fut réglée : nous avons pris sur les terres de notre excellent et obligeant collègue M. Derôme de Bavay, membre du comice agricole de Lille, qui s'intéresse vivement à toutes ces études agricoles, un champ bien uniforme, assez vaste pour qu'on pût le diviser en un grand nombre de parcelles ayant chacune une certaine étendue et assez homogène pour ne pas redouter des influences étrangères aux causes dont on étudiait les effets.

Ce champ fut divisé en 22 parcelles, dont 2 furent réservées comme témoins, sans engrais, afin de reconnaître l'effet de la fumure.

Les autres reçurent différents genres de fumures dont voici la nomenclature :

Carré I	(2 parcelles)	Chiffons de laine et superphosphate.
II	(id.)	Chiffons seuls.
III	(1)	Sans engrais.
IV	(2)	Matières animales désagrégées.
V	(2)	Superphosphate azoté.
VI	(2)	Mélange des deux engrais précédents.
VII	(3)	Engrais complet, azote ammoniacal.
VIII	(2)	Id azote nitrique.
IX	(2)	Chiffons et superphosphate.
X	(1)	Sans engrais.
XI	(2)	Matières animales et phosphate précipité.
XII	(1)	Compost organique.

Ce champ fut malheureusement semé fort tard en saison, ce qui influa beaucoup sur les rendements en poids qui sont assez faibles; mais en revanche toutes les betteraves qu'il fournit furent d'excellente qualité et possédèrent une grande richesse en sucre. Il faut ajouter, du reste, que c'est ce qui s'est passé le plus généralement cette année dans presque toute l'Europe : la richesse saccharine fut très-supérieure à la moyenne des années précédentes (1).

Chaque carré fut divisé en 2 parcelles qui reçurent l'engrais distribué à la charrue, l'une A avant l'hiver, l'autre B après l'hiver, quelque temps avant les semailles.

L'expérience porta sur dix fumures différentes. Le carré VII seul fut partagé en trois parcelles A, B et C, destinées à montrer l'influence du mode d'enfouissement de l'engrais, profondément à la charrue ou à la surface au moyen de l'extirpateur (parcelle C). Contrairement à ce que nous croyions et à ce que nous avons souvent observé déjà, c'est à ce dernier mode d'emploi que l'avantage est resté; mais cela tient, pensons-nous, à ce que les betteraves n'ont pas pivoté profondément et à ce que les pluies qui se sont succédé assez régulièrement ont porté peu à peu à la racine les sels dont elle avait besoin. Nous répéterons plus tard cette expérience pour fixer nos idées sur ce point. Il faut faire remarquer que toutes les parcelles B, sur lesquelles on a semé l'engrais après l'hiver, ont été labourées de nouveau à cette époque pour la répartition égale de la fumure. Or on voit, par la comparaison avec les carrés III et X, qui n'ont reçu aucun engrais, que ce nouveau labour après l'hiver a produit un mauvais effet; cela est probablement dû à l'absence de gelées durant l'hiver et à l'excès d'humidité, qui n'a pas permis de

(1) Voyez sur ce sujet le mémoire de M. Dehérain, page 129 de ce volume.

préparer le sol dans de bonnes conditions pour la plantation. Nous avons souvent observé le même inconvénient dans les fortes terres argileuses de ce pays.

Le champ d'expériences, ayant été semé tard, ne fut déplanté que tard également, c'est-à-dire au commencement du mois de novembre, afin de laisser aux betteraves le temps nécessaire à leur complète maturation.

Dix betteraves, représentant aussi complétement que possible la moyenne de chaque parcelle, furent choisies, lavées, pesées et analysées avec tous les soins désirables par le directeur et les préparateurs de la station agronomique. On trouvera les résultats de ces travaux dans le tableau synoptique ci-contre. Le poids brut des betteraves de chaque parcelle a servi à établir le rendement à l'hectare.

ÉTUDE DE L'INFLUENCE DE L'ENFOUISSEMENT DES ENGRAIS DANS LA CULTURE DE LA BETTERAVE.

Nº D'ORDRE.	NATURE DES FUMURES employées.	PARCELLES	POIDS à l'hectare.	DENSITÉ du jus à + 15°	SUCRE par décilit.	SELS minéraux.	COEFFICIENT salin.
			k.		gr.	gr.	
I	Chiffons et super-phosph. de chaux.	A	27.000	1071°	15.77	1.017	15
		B	28.500	69	14.62	0.936	15
II	Chiffons de laine..	A	35.600	69	14.99	864	17
	—	B	28.700	70.5	15.85	862	18
III	Sans engrais.....	—	33.800	73	16.93	855	19
IV	Mat. animal. désagrégées	A	37.400	69	14.88	900	17
		B	34.900	70	14.97	972	15
V	Superphos. azoté..	A	27.600	70.5	15.28	854	17
		B	35.000	71	15.55	828	19
VI	Mélange des deux précédents	A	25.300	70	15.50	900	17
		B	30.300	67	14.30	864	16
VII	Engr. complet avec azote ammoniacal	A	33.000	71	15.52	855	18
		B	39.900	70	15.18	854	17
		C	40.100	71	15.06	945	15
VIII	Engr. complet avec azote nitrique...	A	35.500	73	16.24	946	17
		B	44.800	73	16.33	998	16
IX	Chiffons de laine et superphosphate..	A	42.700	72	16.13	999	16
		B	25.600	74	16.49	855	19
X	Rien............	—	27.200	71.5	15.33	945	16
XI	Mat. animales et phosph. précipité.	A	29.700	72	15.91	972	16
		B	34.200	74	17.17	981	18
XII	Compost organique	—	29.900	72	15.89	992	16

Voici quelles sont les considérations qui ressortent de l'examen des chiffres de ce tableau :

1° Le rendement à l'hectare est généralement faible, il est com-

pris entre 25 et 44000 kil.; sa moyenne est d'environ 33000 kil.

2° La richesse saccharine est partout très-satisfaisante.

3° Toutes les betteraves de ce champ ont absorbé une quantité de sels minéraux assez élevée.

4° Le mélange de matières animales désagrégées par la torréfaction et de phosphate précipité est la fumure qui a donné les meilleurs résultats, au point de vue de la richesse saccharine.

5° L'engrais complet avec azote nitrique a eu la supériorité pour le rendement en poids à l'hectare.

6° Les engrais organiques, tels que chiffons, déchets de laines, matières animales torréfiées, ont donné des résultats beaucoup plus avantageux, lorsqu'on les a mis en terre avant l'hiver, que lorsqu'on les a employés au printemps. Cela se conçoit fort bien, car ces produits sont d'une décomposition assez lente, et, par conséquent, d'une assimilation difficile. Lorsqu'ils ont déjà quelques mois de séjour dans un milieu humide et aéré, tel que la terre, leur décomposition est en partie commencée, et leur effet beaucoup plus complet que lorsqu'on les dépose au moment des semailles. Nous avons déjà, à maintes reprises, observé ce fait pour le fumier mis avant ou après l'hiver, et croyons devoir appeler de nouveau sur lui l'attention des intéressés.

7° Par contre, il paraît plus avantageux de n'employer les engrais chimiques renfermant de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse, à l'état soluble et facilement assimilable, qu'au moment des semailles, c'est-à-dire au printemps. On comprend, en effet, que, lorsque l'on dépose en terre ces engrais avant l'hiver, leurs parties les plus solubles, et partant les plus actives, sont peu à peu entraînées par infiltration des eaux pluviales dans le sous-sol et complétement perdues pour la plante à laquelle elles sont destinées. C'est ce qu'il est facile de constater dans le tableau ci-contre.

8° Dans les betteraves du même carré, cultivées avec les mêmes engrais, et présentant, par suite du mode d'emploi de ces engrais, des rendements en poids différents, les plus forts rendements accompagnent généralement les plus faibles densités et les moindres richesses en sucre. C'est un fait que nous avons déjà souvent eu l'occasion de signaler, et que nous observons une fois de plus. Il paraît vérifier les théories émises par MM. Champion et Pellet, et d'autres agronomes sur l'égale production de sucre dans des cir-

constances analogues : grands rendements, faibles richesses; poids médiocres, richesse élevée.

ACTINOMÉTRIE

PAR

M. AYMONNET,

Licencié ès sciences, répétiteur de physique à l'école de Grignon.

De Gasparin est un des premiers qui se soit occupé, au point de vue agricole, de la mesure des quantités de chaleur arrivant directement du soleil sur les plantes. Avec le pyrhéliomètre de Pouillet, il a fait, pendant sept ans, des déterminations à Orange. De la comparaison de ses résultats avec ceux obtenus par Pouillet à Paris, Kamtz à Peissenberg en Bavière, il a déduit que pendant une même saison, le printemps, par exemple, les moyennes des températures obtenues, à deux heures après midi et au soleil, n'étaient pas toujours en rapport avec les moyennes des températures déterminées à l'ombre.

M. Marié-Davy, depuis quelques années, emploie différents appareils et notamment les thermomètres conjugués d'Arago, pour déterminer les quantités de chaleur rayonnante envoyées par le soleil sur la terre : les résultats de ces mesures importantes se trouvent consignés dans l'intéressant annuaire de l'observatoire de Montsouris. Cet ouvrage périodique m'a été d'une grande utilité dans le travail que publient aujourd'hui les *Annales agronomiques*.

M. Violle s'est beaucoup occupé dans ces dernières années (*Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 652, 729 et 896; t. LXXXVI, p. 818), tant au mont Blanc qu'en Algérie, de mesures actinométriques; il a cherché surtout à déterminer l'intensité calorifique de la radiation que nous envoie le soleil et la perte de chaleur qu'éprouvent les rayons solaires en traversant notre atmosphère; nous aurons plus tard l'occasion de revenir sur ce travail d'un grand intérêt.

Je me suis proposé, en écrivant le présent mémoire, 1° de rechercher quelle pouvait être l'influence calorifique des radiations solaires sur les organes aériens des végétaux, et particulièrement sur les feuilles; 2° de déterminer quelles seraient, pendant la saison d'été,

les quantités de chaleur qui tomberaient sur l'unité de surface d'une feuille ayant ses faces toujours normales au rayonnement, si l'atmosphère avait sur toute la surface de la terre la même composition et la même épaisseur; 3° après avoir reconnu que ces quantités de chaleur théoriques allaient en augmentant avec la latitude, de vérifier si, durant la saison d'été, la végétation aérienne des plantes n'est pas en réalité de plus en plus active, à mesure qu'on s'approche du pôle nord; 4° de rechercher une méthode permettant de trouver avec des appareils simples, tels que les thermomètres conjugués d'Arago, en même temps que la température réelle de l'air, la mesure des quantités de chaleur envoyées par le soleil sur l'unité de surface perpendiculaire au rayonnement.

Avant d'aborder le sujet que je me propose de traiter, je crois qu'il est bon, pour me faire mieux comprendre, de donner quelques définitions, et de citer très-rapidement quelques expériences qui seront examinées plus en détail dans un mémoire de physique pure.

Définitions et expériences préliminaires. — Deux corps sont à la même température lorsque, plongés dans une enceinte, ils ont chacun un volume invariable, et cela quels que soient les points de l'enceinte qu'ils occupent.

Lorsqu'un milieu homogène est dans une ou plusieurs directions déterminées, traversé par des radiations provenant d'uue source calorifique constante, les températures de ses diverses parties vont d'abord en grandissant, puis atteignent chacune un maximúm. Lorsque tous les maxima sont atteints, je dis que le milieu et toutes ses parties sont en *équilibre relatif de température avec la source.*

Si, pour plus de simplicité, on admet que les radiations viennent dans une même direction, il est évident que pendant l'équilibre relatif, la température d'une partie du milieu sera d'autant plus élevée 1° que cette partie sera plus rapprochée de la source, puisque les intensités des radiations qui lui arrivent sont d'autant moins diminuées, que ces radiations ont traversé une couche moins épaisse du milieu; 2° que le quotient A : C sera plus grand, A et C étant, le pouvoir absorbant total (1) et la capacité calorifique du milieu, pris chacun sous l'unité de volume (2).

(1) J'entends par pouvoir absorbant total d'un corps pour une radiation complexe déterminée, le rapport qui existe entre la quantité de chaleur qu'absorbe ce corps, pris sous l'unité de volume et l'unité d'épaisseur, à celle qu'absorbe l'eau dans les mêmes conditions et à 4°.

(2) Quand une source calorifique constante envoie sur un corps un rayonnement

Je vais montrer maintenant, en citant quelques expériences, que les températures relatives de divers corps homogènes, plongés dans une même enceinte et soumis à des radiations d'une source constante, dépendent 1° de la nature de ces corps; 2° de la nature de la source; 3° de la nature et de l'épaisseur du milieu traversé par les radiations.

Ayant pris trois tubes thermométriques à très-peu près identiques, j'ai fait trois thermomètres, l'un à benzine iodé, le deuxième à éther iodé, le troisième à sulfure de carbone iodé. Pour les graduer, je les ai plongés avec un thermomètre à mercure, d'abord dans de la glace fondante, puis dans un vase cubique en fer-blanc renfermant 12 litres d'eau primitivement chauffée à une température supérieure à 40°. Pendant le refroidissement du liquide sans cesse agité, refroidissement qui était très lent, puisqu'il a duré plus d'un jour, j'ai déterminé pour chaque thermomètre les points 40°, 35°, 30°, 25°, 20°, 15°, 10°, 5°.

Après avoir disposé dans le laboratoire de physique de l'école de Grignon, une large lentille recevant les radiations calorifiques émanées d'une lampe Bourbouze maintenue à une température constante, j'ai placé, non loin du foyer de cette lentille et hors du rayonnement, un thermomètre à mercure et les thermomètres précédents, et j'ai attendu qu'ils indiquent tous la même température constante. A partir de ce moment, j'ai disposé successivement au foyer de la lentille les réservoirs de mes thermomètres, tout en laissant le thermomètre à mercure dans sa position primitive; j'ai obtenu les indications suivantes de température (1) :

	Maximum atteint.	Temps pour atteindre l'équilibre.	Variations du therm. à mercure.
Therm. à benzine......	27.9	35 minutes.	16°,4 à 16°,5
— à éther.........	26.6	39 —	17°,3 à 17°,7
— à sulfure de carbone.......	19.9	38 —	18°,1 à 19°,0

pouvant donner un spectre continu; le pouvoir absorbant total du corps est d'autant plus grand que le rapport $\frac{D.n}{E}$ est lui-même plus grand, D étant la densité, E l'équivalent du corps, n le nombre d'équivalents simples qui composent l'équivalent E.

(1) La lampe Bourbouze est composée d'un cylindre de toile de platine fermé à sa partie supérieure; dans ce cylindre se fait la combustion complète d'un mélange de gaz et d'air, arrivant sous pression constante. Cette lampe, vue au spectroscope à un prisme, donne un spectre continu.

La température indiquée par le thermomètre à mercure ne pouvant rester constante, pendant toute la durée des expriences ainsi faites, j'ai recommencé mes déterminations, en chauffant, avant de les mettre au foyer, chaque thermomètre avec la main, de façon à lui faire dépasser un peu la température qu'il devait indiquer sous l'influence de la radiation; j'ai eu alors, le thermomètre à mercure étant resté constamment à 17°,8 :

	Maximum atteint.	Différence avec le thermomètre à mercure.
Thermomètre à benzine	28°	10°,2
— à éther	26°,4	9°,4
— à sulfure de carbone	18° 9	0°,9

J'ai pris ensuite mes trois thermomètres, et je les ai soumis, en même temps, et à l'influence du rayonnement venant directement de la source par l'air, et aux radiations réfléchies et émanées par les corps éclairés par la lampe. Ils m'ont indiqué les températures suivantes : le premier 28°,8, le deuxième 27°,7 et le troisième 24°,6.

Ainsi les températures relatives des corps homogènes soumis à un rayonnement dans une enceinte dont le milieu est l'air, dépendent de la nature de ces corps (1).

Deuxièmement, elles dépendent de la nature de la source; en effet, une source peut émettre des radiations plus ou moins absorbables par les corps qui les reçoivent.

Le 16 avril, par un ciel à très-peu près pur, par un temps calme, dans un air chargé d'humidité, les réservoirs de mes thermomètres étant placés à $0^m,3$ du sol, orientés de la même façon, j'ai eu au soleil les indications suivantes de 1 à 2 heures :

Thermomètre à benzine	26°,0	24°,2	25°,0	26°,7	28°,6
— à éther	26°,6	25°,8	26°,3	27°,5	29°,0
— à sulfure de carbone	27°,7	26°,3	27°,0	28°,0	29°,5

Ainsi toujours la température indiquée par le sulfure de carbone est supérieure à celles que possèdent les autres thermomètres, ce qui est contraire à ce que nous avons trouvé avec la lampe Bourbouze. Cela s'explique : car, d'une part, le sulfure de carbone iodé, mieux que la benzine et l'éther, a la propriété de se laisser traver-

(1) Ici, pour ne pas entrer dans trop de détails, je néglige l'influence des parois sur les liquides que les tubes thermométriques renferment.

ser par les rayons calorifiques obscurs et d'intercepter presque tous les rayons lumineux ; et d'autre part, le maximum calorifique du spectre de la lampe Bourbouze étant plus éloigné du rouge que le maximum calorifique du spectre solaire, le rapport calorifique des rayons lumineux aux rayons obscurs est plus grand dans le rayonnement solaire que dans celui de la lampe.

Troisièmement, si la nature du milieu varie, les températures relatives des corps qui y sont plongés varient aussi, car le rayonnement arrivant de la source au corps se dépouille ou s'appauvrit de certaines radiations en traversant le milieu.

Ainsi, le 1er juin, par un ciel pur jusqu'à midi, un temps calme, l'air étant moins humide que le 16 avril, et plus dépouillé de poussière, mes thermomètres m'ont donné :

	9h 35m	10h 10m	10h 20m	3h 30m	4h	4h 30m	5h
Benzine.....	19°,8	20°,5	21°,6	26°,4	26°,7	23°,	22°,3
Éther.......	18°,2	18°,8	19°,8	26°,6	26°,7	21°,6	20°,9
Sulfure de carbone...	18°,5	19°,3	20°,5	26 ,3	26°,8	21°,6	21°,1

Ces indications sont de nature différente de celles du 16 avril. Afin de voir si cette différence tenait à la quantité plus ou moins grande de vapeur d'eau contenue dans l'air, dans une grande cuve de verre à parois planes, remplie d'eau, ayant 54 centimètres de long, 30 centimètres de haut et autant de large, j'ai plongé mes trois thermomètres, les ai orientés de la même façon, et mis à un millimètre de la paroi. J'ai eu, entre 11 heures et midi, le 1er juin, sous l'action des rayons solaires :

Benzine..................	15°,2	15°,7	16°,3
Éther	15°,4	15°,8	16°,4
Sulfure de carbone........	15°,8	16°,2	16°,8

C'est-à-dire des indications analogues à celles du 16 avril. La différence obtenue le 16 avril et le 1er juin tenait donc en grande partie à ce que, le premier jour, l'air renfermait plus de vapeur d'eau que le second. Ainsi les températures relatives des corps plongés dans un milieu varient avec la nature de ce milieu.

Dans un même jour, comme le montre l'avant-dernier tableau, l'état de l'atmosphère et des espaces interplanétaires pouvant varier, les différences de température des divers corps varient également. Ces différences se modifient encore quand la couche atmosphérique traversée par les rayons solaires devient plus ou moins épaisse, car alors les intensités relatives des diverses radiations arrivant aux corps considérés, sont plus ou moins altérées.

Le pouvoir absorbant d'un corps hétérogène est d'autant plus considérable que la surface de ce corps a un pouvoir réflecteur ou diffusif plus faible et que ses éléments physiques (solides, liquides, gaz) sont plus intimement mélangés et ont des pouvoirs absorbants et réflecteurs plus différents les uns des autres. Ces corps hétérogènes, tels qu'un mélange intime de deux liquides non solubles l'un dans l'autre, comme de l'huile et de l'alcool à 50°; un mélange d'un solide et d'un liquide, comme de la fine mousse de savon; un mélange d'un gaz et d'un solide, comme le coke, le charbon de terre, le noir de fumée, la plume, la laine, ont des pouvoirs absorbants infiniment plus considérables que les corps homogènes. Ainsi les corps dont je viens de parler, pris sous une épaisseur moindre que 5^{mm} et soumis à l'action d'un faisceau calorifique sortant d'une lentille éclairée par une lampe Boubouze, ne laissent passer aucune chaleur sensible à la pile de Melloni, tandis que de l'eau prise sous une épaisseur de 1 centimètre se laisse traverser par les deux dixièmes de la chaleur qu'elle reçoit, et permet à la pile placée derrière elle d'indiquer au galvanomètre une déviation égale à 42 degrés (1).

Ce grand pouvoir absorbant des corps hétérogènes s'explique. Les radiations calorifiques ne parcourent pas le corps seulement suivant son épaisseur, mais suivant une épaisseur infiniment plus grande, car elles se réfléchissent un grand nombre de fois sur tous les éléments du corps. Ainsi chaque partie, surtout vers la surface, est traversée, dans le même temps, par une somme de radiations plus considérable que celle qui arrive à la surface du corps, et la quantité de chaleur qui est absorbée par un corps hétérogène de petite épaisseur est aussi considérable que si ce corps, ayant tous ses éléments combinés chimiquement, avaient une épaisseur plus grande.

(1) Les parfums répandus dans l'air, d'après Tyndall, rendent le pouvoir absorbant de l'air beaucoup plus considérable : ainsi l'essence d'anisette, répandue en faible quantité, rend ce pouvoir absorbant 372 fois plus considérable.

Il en résulte : 1° que sous l'influence d'une source calorifique, la température moyenne d'un corps hétérogène atteint toujours, en un temps plus long, un maximum plus élevé que si ce corps était de même épaisseur et homogène, et réciproquement; 2° que la différence des températures existant dans deux couches du corps hétérogène, doit être plus grande que si ce corps était homogène, les couches considérées étant dans les deux cas également éloignées de la face d'incidence.

Voulant me rendre compte de l'accroissement de température qui doit se produire dans les premières couches de molécules d'un corps hétérogène, à mesure qu'on augmente l'épaisseur de ce corps, par suite le nombre des diffusions, j'ai pris une feuille de papier écolier que j'ai soumise à l'action des radiations venant de la lampe Bourbouze, et à 1/4 de millimètre de cette feuille, j'ai placé la soudure d'un élément de pile thermo-électrique composé de deux fils fins, l'un d'or, l'autre de platine, et j'ai eu une déviation correspondant à une intensité de 20,5. Puis derrière cette pile, au contact, j'ai placé successivement plusieurs autres feuilles de papier; j'ai eu alors les résultats indiqués dans le tableau suivant :

Nombre des feuilles placées derrière la pile........	1	2	3	4	8
Intensités................	32	37.5	39.2	39.2	40.5

Faisant tourner le système de feuilles de 180°, de façon que la pile soit entre les deux feuilles les plus éloignées de la source, j'ai eu une déviation correspondant à une intensité de 21. Retirant 6 feuilles de devant la pile, j'ai eu une intensité de 30,7.

L'état de la surface d'un corps hétérogène influe beaucoup sur la température moyenne que peut acquérir ce corps sous l'influence d'un rayonnement. Ainsi j'ai pris l'élément or-platine, je l'ai mis dans la grande auge dont j'ai parlé, à 1^{mm} d'une face et au foyer d'une lentille éclairée par la lampe Bourbouze; j'ai eu une déviation galvanométrique correspondant à une intensité 5,5. Ayant noirci sa soudure avec du bitume de Judée, l'intensité mesurée a été 18,2. Ayant mis de l'eau dans l'auge, la soudure non noircie m'a donné 0,3 et la soudure noircie 3,2. L'auge renfermait 30 litres d'eau; la pile, étant en dehors de la radiation, ne donnait pas de déviation.

Rôles des différentes parties d'une feuille d'un végétal au point de vue calorifique. — Considérons maintenant rapidement quelle est la constitution de la feuille d'un végétal.

Ce corps hétérogène se compose en général de sa face supérieure à sa face inférieure : 1° de la cuticule vernis, dont l'épaisseur varie de 20 dix-millièmes de millimètre à 87 et dont le pouvoir absorbant est en général considérable : il est voisin de celui de l'eau ; 2° de l'épiderme, composé, suivant les végétaux, d'une ou plusieurs couches de cellules, la première appelée épiderme proprement dit, les autres, couches de renforcement ; ces cellules sont remplies de gaz. Quelquefois, entre ces couches de cellules à gaz il s'intercale une ou deux couches de cellules à liquide rempli de corps chlorophylliens ; les cellules épidermiques ont en général une surface considérable relativement à leur épaisseur : ainsi, pour le froment, cette surface, exprimée en dix-millièmes de millimètre carré, atteint en moyenne 1 160 000, tandis que l'épaisseur est seulement de 174 dix-millièmes de millimètre ; pour l'*Achillea millefolium*, la surface est de 420 000, l'épaisseur 58 ; pour la luzerne, la cellule a 180 000 de surface, 190 d'épaisseur, etc. ; on peut donc considérer les cellules épidermiques comme ayant leur surface externe à peu près plane ; 3° d'une ou plusieurs couches de cellules ovoïdes remplies de liquide, de grains d'amidon, de corps chlorophylliens, etc. ; cellules dont le grand axe est perpendiculaire à la couche épidermique et varie entre 400 et 800, tandis que le petit axe varie entre 300 et 600 ; 4° le plus souvent, le parenchyme se continue par un amas de cellules à liquide renfermant encore des granulations moins riches en chlorophylle que les granulations des cellules précédentes ; ces cellules, sans orientation, présentent entre elles beaucoup de lacunes remplies de gaz et en relation avec les stomates ; quelquefois, comme dans les graminées, ces cellules irrégulières sont remplacées par un ou deux rangs de cellules orientées, comme celles qui étaient au-dessous de l'épiderme ; 5° d'une couche épidermique de cellules moins épaisses que celles du premier épiderme, par suite ayant leur face extérieure plus convexe ; 6° d'une cuticule moins foncée et moins absorbante que la première.

Enfin l'épiderme des feuilles est souvent, surtout sur la face inférieure, garni de poils, grandes cellules remplies de gaz et de liquides. Avant de parler des rôles joués par chacune des parties de la feuille, au point de vue calorifique, je désire rappeler que les feuilles de tous les végétaux s'orientent toujours de façon à recevoir du soleil la plus grande quantité de chaleur possible. Si elles ne sont pas trop nombreuses et à deux faces parallèles, elles

présentent les plans de leurs faces perpendiculairement au rayonnement; si elles sont à trois faces comme celles du genévrier, du pin, la bissectrice de l'angle des deux faces à cellules de parenchyme perpendiculaires à l'épiderme, tend à passer par le centre du soleil. Si les feuilles sont nombreuses, celles qui ne peuvent se placer perpendiculairement au rayonnement se disposent de façon à recevoir des autres, par réflexion ou diffusion, la plus grande quantité de chaleur possible.

Considérons un rayon tombant sur une feuille : là, il se partage d'abord en deux parties : l'une, considérable, qui pénètre, l'autre, faible, qui se réfléchit; cette dernière serait assez grande et pourrait atteindre de 25 à 60 pour 100 du rayon incident, si celui-ci ne tombait pas normalement. La première partie, traversant la cuticule et la paroi de la cellule épidermique, s'affaiblit très-peu en les échauffant, car si ce vernis et cette membrane ont un pouvoir absorbant voisin de celui de l'eau, ils ont une épaisseur très-faible. Le rayonnement, légèrement modifié, franchit alors l'intervalle cellulaire qui est rempli de gaz et arrive, s'il n'y a pas de couche de renforcement, à la cellule dont le grand axe est perpendiculaire au plan de l'épiderme; là il se divise encore en deux parties, l'une qui pénètre, l'autre qui se réfléchit; celle-ci est plus grande que celle réfléchie à la surface de la cuticule, car le rayonnement tombant cette fois sur une surface courbe, de petit rayon de courbure, ne la rencontre qu'en un point normalement. Pour cette dernière raison encore, le faisceau réfléchi sera divergent et sa presque totalité se présentera à la paroi extérieure de la cellule épidermique et à la face interne de la cuticule sous des angles d'incidence considérables; il sera donc réfléchi là en grande quantité, il se dispersera de plus en plus et ira éprouver de nouvelles réflexions sur les cellules du parenchyme. Ainsi la température de la couche épidermique s'élèvera considérablement; elle se serait élevée encore plus si elle avait eu derrière elle une ou plusieurs couches de renforcement. La portion de la radiation qui a pénétré dans la première cellule à parenchyme échauffe le liquide de cette cellule et les corps solides qui y nagent d'une façon différente, suivant la nature de ce liquide et celle de ces corps solides. Cet échauffement a lieu surtout par suite d'une série de réflexions et de diffusions, comme je l'ai dit en parlant des corps hétérogènes. Il n'est pas très-considérable, car du liquide s'évapore, des gaz se dégagent, et par suite des différences

de température existant entre les divers éléments renfermés dans la cellule, il se produit des phénomènes de dissociation pendant lesquels il y a absorption de chaleur.

Les rayons qui sortent de ces cellules sont très-divergents et très-modifiés, de plus ils n'ont qu'une faible intensité, de telle sorte que les couches de plus en plus profondes du parenchyme ressentent de moins en moins l'effet direct de l'insolation, mais elles subissent encore l'action échauffante de l'épiderme et de la première couche de cellules à chlorophylle, surtout si elles sont riches en lacunes. Enfin, l'épiderme et la cuticule inférieurs, dont les faces extérieures sont moins planes que celles de l'épiderme et de la cuticule supérieurs, empêchent le refroidissement de la feuille d'avoir lieu trop rapidement, en réfléchissant vers l'intérieur les rayons calorifiques qui en arrivent. Si inférieurement les feuilles sont couvertes de poils, ces derniers, qui jouent déjà un rôle important vis-à-vis des stomates, rôle dont je ne puis parler ici, servent encore à empêcher la feuille de se refroidir; il en serait de même des poils qui se trouveraient à la face supérieure de la feuille, seulement la présence de ces derniers organes diminuerait sensiblement l'intensité des radiations arrivant au parenchyme.

Ainsi la partie active, le parenchyme, se trouve comprise entre deux autres parties chargées de gaz, les deux épidermes. Le supérieur est plus chaud que le parenchyme, l'inférieur plus froid. Les liquides et les corps solides du parenchyme sont donc sous l'influence de deux sources calorifiques, l'une lumineuse, le soleil, qui envoie ses rayons à travers l'épiderme, l'autre obscure, la couche épidermique supérieure. Sous l'influence de ces deux sources, ils prennent chacun des températures propres, les liquides s'évaporent, distillent en général par la partie inférieure de la feuille (1), des gaz se dégagent, des corps solides dissous sont précipités, d'autres sont dissous; enfin des phénomènes de dissociation de toute nature ont lieu. Si les états du soleil, des espaces interplanétaires, de l'atmosphère, font varier la composition du rayonnement solaire arrivant à la feuille sans modifier son intensité totale, la deuxième source de

(1) Il suffit, pour le voir, de prendre une feuille comme celle du groseillier, de placer sur chacune de ses deux faces, qui sont différentes, un récipient de verre collé avec de la cire molle. Le récipient inférieur se remplit d'eau, tandis que le supérieur, en relation par un tube de caoutchouc avec un vase refroidi, en renferme d'autant moins que l'insolation est plus intense.

chaleur n'est que très-peu altérée, l'évaporation reste à peu près la même; mais les dissociations chimiques sont modifiées, car les températures relatives des divers corps du parenchyme ne sont plus les mêmes. Si avec la composition du rayonnement varie son intensité totale, la deuxième source est plus ou moins intense et les phénomènes d'évaporation, de précipitation, de dissolution sont changés en même temps que ceux de dissociation.

Ainsi les produits de la végétation varient, toutes choses étant égales, avec les états : du soleil, des espaces interplanétaires et de l'atmosphère.

Remarque. — Les feuilles des plantes à végétation rapide, telles que les céréales, ont les deux faces de leurs feuilles à très-peu près semblables, les deux couches externes du parenchyme sont constituées par des cellules ovoïdes dont le grand axe est perpendiculaire à l'épiderme et les stomates des deux épidermes sont à peu près en même nombre. Ces feuilles, pour recevoir le plus de chaleur possible se roulent très-souvent en spirale.

Les arbres toujours verts, tels que le genévrier, qui peuvent végéter dans des climats froids, ont un grand nombre de petites feuilles. Ces feuilles ont trois faces, dont deux et demie, recevant les radiations solaires, ont des cellules à parenchyme perpendiculaires à l'épiderme. Seulement, pour être préservées du refroidissement, ces feuilles ont : 1° une épaisse cuticule; 2° une rangée de cellules épidermiques; 3° une rangée de petites cellules serrées un peu allongées perpendiculairement à la surface, renfermant de la chlorophylle et un liquide coloré; 4° une rangée de cellules épidermiques. C'est seulement après cette dernière que viennent les cellules ovoïdes du parenchyme. Si ces feuilles se refroidissent moins rapidement, elles s'échauffent aussi plus lentement que les autres; leur végétation est lente.

Ce que j'ai dit des feuilles peut s'appliquer avec quelques modifications aux organes végétaux qui en dérivent.

La végétation des plantes est certainement, la nature du sol étant la même, une fonction : 1° de l'insolation; 2° de la différence de température qui existe entre les épidermes supérieurs et inférieurs de leurs feuilles; 3° de la température du sol; 4° de la température de l'air.

L'insolation n'est autre chose que la quantité de chaleur et de lumière qui tombe sur l'unité de surface perpendiculaire au rayon-

nement. La température du sol et celle de l'air sont évidemment des fonctions de l'insolation.

La différence de température existant entre les deux épidermes d'une feuille, dépend de la constitution de cette feuille, de l'insolation et de la température du sol et de l'air.

Quantités de chaleur qui seraient tombées théoriquement en 1874 *aux différentes latitudes, du* 15 *avril au* 15 *septembre, sur l'unité de surface toujours perpendiculaire au rayonnement.* — Pour faire ces déterminations, j'admets : 1° que le ciel a été toujours pur; 2° que la distance d'un point quelconque du sol à la limite de l'atmosphère a été constante; 3° que l'atmosphère a eu sur toute la surface du globe la même composition; 4° que les espaces interplanétaires ont eu un pouvoir absorbant constant; 5° que le soleil est resté une source constante de chaleur.

Si on représente par 1 la quantité de chaleur qui traverse pendant l'unité de temps l'unité de surface extérieure de l'atmosphère, par a la quantité de chaleur absorbée par une colonne atmosphérique ayant pour base l'unité de surface considérée et pour hauteur l'épaisseur de l'atmosphère, $1-a$ sera la quantité de chaleur qui tombera sur l'unité de surface du sol lorsque le soleil sera au zénith.

Si on admet la formule de Bonguer, qui n'est pas tout à fait exacte et sur laquelle nous reviendrons dans un autre mémoire, $(1-a)^e$ sera la quantité de chaleur qui tomberait sur l'unité de surface, située près du sol et perpendiculaire au rayonnement, lorsque le soleil aura une hauteur h au-dessus de l'horizon, e étant l'épaisseur atmosphérique traversée.

Pour déterminer e, Lambert, en résolvant un triangle qui a pour côtés e, r, $R+r$, pour angle $90°+h$, R étant le rayon de la terre, r l'épaisseur de l'atmosphère qu'il suppose égale à $\frac{R}{80}$, h la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, a trouvé la formule :

$$e = \sqrt{2Rr + r^2 + R^2 \sin^2 h} - R \sin h$$

ou, d'après les hypothèses admises, faisant $r = 1$,

$$(1) \quad e = \sqrt{161 + 6400 \sin^2 h} - 80 \sin h.$$

Pour connaître h, il suffit de résoudre un triangle sphérique dont on connaît deux côtés, le complément de la latitude du lieu,

le complément de déclinaison du soleil, et un angle dièdre égal à H, on arrive alors à la formule :

$$(2)\quad \sin h = \sin \lambda \sin \delta + \cos \lambda \cos \delta \cos H.$$

H est égal à l'heure de l'observation multipliée par 15°, δ est la latitude du lieu, λ la déclinaison du soleil.

La formule $(1\text{-}a)^{\circ}$ devient donc :

$$(1 - a)\sqrt{161 + 6400 (\sin \lambda \sin \delta + \cos \lambda \cos \delta \cos H)^2} - 80 (\sin \lambda \sin \delta + \cos \lambda \cos \delta \cos H)$$

Pour connaître la quantité de chaleur qui tombe sur l'unité de surface perpendiculaire à la radiation, en un lieu déterminé, il faut intégrer la fonction par rapport à H et à δ entre les limites correspondant au 15 avril et au 15 septembre. Mais H et δ étant, à cause des nuits, des variables discontinues, je n'ai pu mathématiquement trouver cette intégrale. J'ai alors employé pour intégrer le procédé par courbe et par pesée.

Pour cela, j'ai déterminé du 15 avril au 15 septembre les quantités de chaleur qui tombaient pendant le premier jour de chaque décade : ainsi celles qui tombaient le 15 avril, le 25 avril, le 5 mai, etc. J'ai construit sur du papier épais et uniforme autant de courbes ayant pour abscisses les jours, pour ordonnées les quantités de chaleur tombées chaque jour; j'ai découpé mon papier en suivant les courbes, les ordonnées extrêmes et l'axe des x, et j'ai pesé chaque morceau. J'ai divisé ensuite les poids trouvés par celui que j'ai pris pour unité et qui est égal au poids d'une feuille du même papier représentant la quantité de chaleur qui tomberait en un lieu pendant 10 jours, si pendant ce temps le soleil restait constamment au zénith. J'ai vérifié mes rapports en me servant du planimètre pour mesurer les aires des courbes.

Pour avoir les quantités de chaleur tombées aux diverses latitudes pendant les quinzaines d'avril et de septembre, pendant les mois de mai, juin, juillet, août, j'ai coupé chacun de mes morceaux de papier précédents, en suivant les ordonnées correspondant au commencement de chaque mois; j'ai pesé les diverses portions obtenues, et j'ai divisé les poids trouvés par celui de l'unité adoptée. Ainsi j'ai eu le tableau suivant qui peut être représenté par une courbe :

QUANTITÉS de chaleur tombées en	LATITUDES									
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Avril...........	0.61	0.62	0.63	0.64	0.65	0.06	0.68	0.70	0.79	0.94
Mai............	1.24	1.30	1.35	1.40	1.44	1.48	1.63	1.83	2.02	2.22
Juin............	1.19	1.28	1.34	1.41	1.46	1.54	1.77	2.14	2.18	2.27
Juillet..........	1.24	1.31	1.37	1.43	1.48	1.50	1.79	2.03	2.18	2.30
Août............	1.25	1.29	1.32	1.34	1.36	1.40	1.47	1.53	1.72	1.95
Septembre......	0.61	0.62	0.61	0.61	0.61	0.61	0.59	0.58	0.60	0.62
Totalité.........	6.14	6.42	6.63	6.83	6.97	7.24	7.93	8.71	9.49	13.30

Avant de faire quelques remarques sur ce tableau, je vais indiquer comment j'ai opéré pour avoir la quantité de chaleur tombée en un jour déterminé, à une latitude déterminée.

J'ai d'abord admis : 1° que pendant tout ce jour la déclinaison du soleil ne variait pas, qu'elle était égale à celle que cet astre avait à midi; 2° qu'il n'y avait pas de crépuscule; puis j'ai déterminé par la formule (2) en y faisant $h = o$ l'heure du coucher du soleil; j'ai eu alors :

$$-\cos H = \frac{\sin\lambda \sin\delta}{\cos\lambda \cos\delta} = tg\,\lambda\; tg\,\delta = \cos(180° - H).$$

Ainsi, pour le 15 mai, à la latitude de 70°, la déclinaison du soleil étant de 18°54′ en 1874, j'ai eu :

$$\log tg\, 70° + \log tg\, 18°54' = \log \cos(180° - H)$$
$$0{,}4389341 + \bar{1}{,}5345040 = \bar{1}{,}9734381 = \log \cos 19°50'.$$

Ainsi :

$$H = 180° - 19°50' = 160°10' \text{ et } 160°10' : 15 = 10^h\, 41^m.$$

Si on avait voulu déterminer l'heure du coucher du soleil à la même latitude le 25 mai, jour où la déclinaison était de 20° 58′, on aurait trouvé que le soleil ne se couchait pas; en effet, si dans la formule (2) on fait H = 180°, on a cos H = 1 et

$$\sin h = \sin\lambda \cos(90° - \delta) - \cos\lambda \sin(90° - \delta) = \sin[(\lambda - (90° - \delta)]$$
$$= \sin(\delta - 20°) = \sin 0°58'.$$

L'heure du coucher du soleil étant déterminée pour un jour, je

cherche à l'aide de la formule (2) quelles sont, pendant cette journée, les hauteurs du soleil au-dessus de l'horizon, aux différentes heures. Par exemple, pour la latitude de 70°, le 15 mai, j'ai cherché les hauteurs correspondant à midi, 3 heures, 6 heures, 8 heures 10 heures 41ᵐ.

A l'aide de la formule de Lambert ou à l'aide de la table qui se trouve dans l'annuaire de Montsouris, je cherche quelles sont, pour les hauteurs obtenues, les épaisseurs correspondant à e de l'atmosphère.

Admettant la valeur de $(1-a) = 0{,}875$ trouvée par M. Marié-Davy, je détermine soit par le calcul, soit en me servant d'une table se trouvant encore dans l'annuaire de Montsouris, les quantités $(1-a)$ correspondant à celles obtenues pour e.

Je construis alors pour chaque jour une courbe ayant pour abscisses les heures et pour ordonnées les valeurs de $(1-a)^e$ relatives à ces heures. Pour avoir la quantité de chaleur tombée en un jour, je pèse l'aire de la couche correspondante et je divise son poids par celui obtenu en pesant l'aire relative à la quantité de chaleur qui tomberait en un lieu en 12 heures, si le soleil était constamment au zénith de ce lieu. Admettant que du lever à midi il tombe, un même jour, la même quantité de chaleur que de midi au coucher, je n'ai considéré dans chacune de mes déterminations que la moitié d'un jour au lieu d'un jour entier.

Si on se reporte au tableau précédent, on voit : 1° que les quantités de chaleur arrivant sur l'unité de surface perpendiculaire au rayonnement, croissent de l'équateur au pôle, lentement de l'équateur au 50° et très-rapidement de 50° au pôle ; 2° que la dernière quinzaine d'avril, les mois de mai, juin, juillet, août, sont d'autant plus riches en rayonnement qu'on considère un lieu d'une latitude plus élevée ; 3° que pendant la première quinzaine de septembre, les quantités de chaleur tombées sont les mêmes sous toutes les latitudes ; 4° qu'à l'équateur le mois de juin est le moins chaud ; 5° qu'à 10° la quantité de chaleur rayonnée est à peu près la même pendant les différentes périodes considérées ; 6° qu'à partir de 20°, le mois le plus éclairé est le mois de juin.

L'insolation théorique doit croître aussi avec l'altitude, car l'épaisseur atmosphérique diminue à mesure qu'on s'élève ; de plus, l'air se raréfie et se dépouille de vapeur d'eau.

Les intensités des rayonnements qui arrivent sous les diverses

latitudes ne peuvent être réellement dans les rapports que nous avons indiqués, car l'état de l'atmosphère n'est pas constant sur tous les points du globe. Pour avoir ces intensités, il est nécessaire de faire en chaque lieu, pendant un certain temps, des déterminations expérimentales : j'indiquerai, à la fin de ce mémoire, une méthode permettant de faire assez exactement ces déterminations.

Quantités de chaleur tombant théoriquement sur l'unité de surface du sol, pendant un jour compris entre le 19 *et le* 23 *juin.* — Pour obtenir ces quantités, on opère comme nous l'avons fait dans le cas où nous avons considéré l'unité de surface perpendiculaire au rayonnement; seulement on a soin de multiplier la quantité de chaleur $(1\text{-}a)^{\epsilon}$ par le sinus de l'angle que fait la surface du sol avec le rayonnement, c'est-à-dire par le sinus de la hauteur au-dessus de l'horizon du lieu.

Ainsi, à 50° de latitude à 3 heures, j'ai obtenu pour $(1\text{-}a)^{\epsilon}$, 0,832, la hauteur du soleil étant 46° 9'. La quantité de chaleur qui, à cette heure, tombera donc sur l'unité de surface du sol sera :

$$0,832, \sin 46^\circ 9' = 0,600.$$

Voici les résultats trouvés en prenant pour unité la quantité de chaleur qui tomberait en un jour sur l'unité de surface d'un lieu, si le soleil était constamment au zénith de ce lieu :

Latitude.	Quantité de chaleur.	Latitude.	Quantité de chaleur.
0°	0.243	70°	0.295
10°	0.276	80°	0.327
30°	0.312	90°	0.328
50°	0.304		

Ainsi, en ce jour, les quantités de chaleur arrivant au sol sont plus considérables dans les régions polaires qu'entre les tropiques.

Dans une autre publication, je déterminerai les quantités théoriques de chaleur qui tombent aux diverses latitudes sur la surface de la terre, pendant les cinq mois que nous avons considérés plus haut.

Si une courbe représentait le tableau précédent, elle aurait un maximum entre 10 et 30° et un minimum près de 70°.

Il est facile de voir qu'au pôle, entre le 10 mai et le 3 août, c'est-à-dire pendant 85 jours, il arrive au sol chaque jour une quantité de chaleur plus considérable que celle qui tombe à l'équateur le 23 juin; en effet, la quantité qui arrive au pôle le 10 mai ou le 3 août est un peu supérieure à 0,243. Il ne serait donc pas étonnant qu'au pôle, s'il y a une mer, elle soit pendant la belle saison

libre de glaces, comme le prétendent certains navigateurs, et que, s'il y a une terre, on puisse y cultiver des céréales, telles que l'orge, le froment d'été, le seigle d'été, si la quantité de neige tombée l'hiver n'a pas été trop considérable.

Remarque. — Au delà de 23° 28′, un sol incliné de façon à être au solstice d'été perpendiculaire au rayonnement, étant plus échauffé que la plaine à la même latitude, doit être plus favorable à la maturité des fruits.

Influence de l'insolation sur la végétation des céréales. — M. Boussingault, dans son admirable livre d'économie rurale, a publié les résultats suivants :

CULTURE DU BLÉ D'AUTOMNE.

LOCALITÉS.	LATITUDES	DURÉE de la culture.	TEMP. MOYENNE pendant cette culture.	PRODUIT DES JOURS par la température.
		CULTURE DU BLÉ D'AUTOMNE.		
Alsace........	48° 48′	137 jours.	15°,	2055
Alais..........	44° 7′	146	14°,4	2092
Kingston......	41° 50′	122	17°,2	2098
		CULTURE DU BLÉ D'ÉTÉ.		
Alsace........	48° 48′	131 jours.	15°,8	2069
Kingston......	41° 50′	106	20°,	2120
Cincinnati.....	39° 6′	137	15°,7	2151
Truxillo.......	9°	100	22°,3	2208
Quinchuqui....	0° 14′	181	14°,	2230
		CULTURE DE L'ORGE D'HIVER.		
Alsace........	48° 48′	122 jours.	14°,	1708
Alais.........	44° 7′	137	13°,1	1795
Kingston......	41° 50′	92	19°,	1738
Santa-Fé......	4° 35′	122	14°,7	1793
Cumbal.......	0°	168	10°,7	1798

Ainsi, malgré la diversité des altitudes et des orientations des

pays considérés, malgré les variations de composition des régions atmosphériques, on voit que le produit des jours par la température moyenne est d'autant plus petit en général que la latitude est plus grande. C'est un effet de l'insolation (1).

M. Tisserand, dans le remarquable mémoire qu'il a inséré en 1875 dans les *Mémoires de la Société centrale d'agriculture*, dit que le travail dynamique total d'un végétal pendant la durée de son évolution; peut être représenté par le produit $T \times s = A$; T étant la température moyenne pendant l'évolution, *s* le temps en heures pendant lequel le soleil reste au-dessus de l'horizon. Il donne les tableaux suivants :

LOCALITÉS.	LATITUDES.	S	T	A
		BLÉ DE PRINTEMPS.		
Alsace.............	48° 30′	1.996	15°	29.900
Christiana..........	59° 9′	1.795	15°,4	27.643
Halsnö............	59° 47′	2.187	13°	28.431
Bodö..............	67° 17′	2.376	11°,3	26.848
Strand............	68° 46′	2.472	10°,9	26.944
Skibotten...........	69° 28′	2.486	10°,7	26.600
		ORGE.		
Alsace.............	48° 30′	1.416	19°	26.900
Christiana..........	59° 9′	1.620	15°,5	25.125
Halsnö............	59° 47′	2.035	11°,7	23.809
Bodö..............	67° 17′	2.095	11°	23.045
Skibotten...........	69° 28′	2.138	10°,7	23.000
Même localité.......	69° 28′	1.824	12°,7	22.876

On voit que A diminue quand la latitude augmente.

Cette diminution doit être d'autant plus rapide que l'état de l'atmosphère se rapproche plus de l'état théorique.

(1) Les produits obtenus par M. Boussingault sont, pour une même plante, remarquablement voisins l'un de l'autre; cela doit tenir, très-probablement, à ce que la température de l'air est une fonction de l'insolation, se rapprochant plus d'une proportionnalité qu'on considère des lieux de latitude plus basse.

Ainsi Halsnö, Bodö, localités qui ont à peu près le même sol, la même altitude, la même orientation, la même distance à la mer, mais qui sont plus ou moins soumises à l'influence de la vapeur d'eau venant du Gulfstream, ont des éclairements pendant l'évolution du blé de 5, 6, 7; pendant celle de l'avoine 5,4, 7 (0 représentant la pureté complète du ciel, et 10 l'état couvert) : aussi les différences entre les valeurs de A qui leur correspondent sont-elles considérables.

La durée pendant laquelle une plante végète sans être dans l'obscurité, l'intensité du rayonnement que cette plante reçoit, la nature de ce rayonnement, qui dépend de l'état du soleil, des espaces interplanétaires, de l'atmosphère, ont de l'influence sur la nature des produits élaborés par cette plante.

M. Tisserand nous enseigne que M. Schübeler a reconnu que du sud au nord, en Norvége, les graines augmentent en poids, en grosseur, sont plus riches en hydrates de carbone et plus pauvres en matière azotée, deviennent plus foncées; les feuilles prennent plus de développement, sont plus sombres; les fleurs ont des couleurs plus intenses; les parfums ont leurs aromes plus développés.

Il en doit être ainsi, car l'insolation croissant avec la latitude, l'échauffement du sol diminuant du 50e degré au 70e, la vie devient de plus en plus active dans les feuilles et de moins en moins dans les racines, à mesure qu'on s'avance vers le nord.

M. Tisserand fait remarquer dans son mémoire que les graines du Nord, semées dans le Midi, donnent plus rapidement des épis que celles du Midi même et réciproquement : ainsi de l'orge d'Alten (70e latitude N.) a été récoltée à Vincennes après 70 jours de végétation, tandis que les graines venant de cette dernière localité n'ont donné une plante mûre qu'après 109 jours; à Christiania, du maïs de Philadelphie a végété 145 jours, tandis que celui de Christiania même a été récolté après 100 jours. Il fait remarquer aussi que les semences du Nord ne conservent leur précocité que pendant un certain temps dans le Midi ; de même celles du Midi, transportées dans le Nord, deviennent au bout de quelques années aussi hâtives que celles du Nord.

On peut expliquer en partie ces faits en observant : 1° que les semences du Nord ont un épiderme de grand pouvoir absorbant et de faible pouvoir réflecteur, que quelques-unes (cumin) sont riches en carbures d'hydrogène, corps qui, avec l'hydrogène, sont à égalité de poids les plus absorbants de tous; 2° que la température moyenne du sol et de l'air est plus élevée en général à mesure qu'on s'éloigne

de 70° vers le 20° degré; 3° que la nature, la durée, l'intensité du rayonnement varient du nord au sud.

Détermination de la température réelle d'un milieu éclairé et des quantités de chaleur qui tombent sur l'unité de surface de ce milieu, disposée perpendiculairement au rayonnement. — Puisque différents corps plongés dans une enceinte soumise à un rayonnement calorifique n'ont pas la même température lorsqu'ils sont, ainsi que le milieu, en équilibre relatif de température avec la source, on ne peut reconnaître si la température de l'un de ces corps est égale à celle du milieu. Ainsi on ne sait *a priori* si la température indiquée par un thermomètre plongé dans l'air est bien celle de cet air.

Soit a la température d'un milieu éclairé, b celle d'un corps qui y plonge, a-b représente l'excès de la température du corps sur celle du milieu, excès qui est proportionnel à l'intensité du rayonnement et qui varie avec la nature de ce dernier. Ainsi, si t est la température indiquée pendant le jour par un thermomètre en équilibre avec la source, on a $t = x + f(r)\ y$; x étant la température de l'enceinte, y l'intensité du rayonnement, $f(r)$ une fonction dépendant de la nature de la radiation et de la nature du thermomètre.

Comme nous le verrons, y n'est trouvé nul qu'autant que l'observation du thermomètre se fait à une heure avancée d'une nuit noire. Ainsi les thermomètres sous abri, le thermomètre fronde lui-même, donnent toujours des températures supérieures à celles de l'air où ils sont, car on ne peut les préserver du rayonnement direct ou indirect. Le thermomètre fronde marque en général une température plus basse que celui sous abri, parce que la couche d'air immobile qui environne toujours les solides et les préserve du refroidissement par contact, est sur ce thermomètre sans cesse renouvelée et que la diminution de température due à ce renouvellement est plus grande que l'échauffement produit par le thermomètre comprimant, dans sa rotation, les molécules de l'air.

Si, au lieu de n'avoir qu'un thermomètre dans une enceinte éclairée, on en avait deux, A et C, différents, ils donneraient en général, pendant le jour, au même instant, lorsqu'ils sont en équilibre, deux températures différentes, T et t; on aurait

$$T = x + f(r)y$$
$$t = x + f'(r)y$$

Si la nature du rayonnement ne change pas, $f(r)$ et $f'(r)$ sont des constantes; si elle se modifie et que cette variation influe les deux thermomètres, de telle sorte qu'on puisse représenter $f(r)$ par $K.\,r$ et $f'(r)$ par $K'.\,r$, K et K' étant des constantes, $f(r)$ et $f'(r)$ varient encore, mais $\frac{f(r)}{f'(r)}$ demeure invariable et est égal à $\frac{K}{K'}$.

Supposons que nous ayons deux thermomètres de telle nature que, quelles que soient les variations du rayonnement solaire, on ait toujours $\frac{f(r)}{f'(r)} = \frac{K}{K'}$; des deux équations précédentes on tire :

$$\frac{T - x}{t - x} = \frac{K}{K'} \text{ d'où } x = \frac{\frac{K}{K'}\,t - T}{\frac{K}{K'} - 1}.$$

Ainsi, si on connaît $\frac{K}{K'}$, on peut déterminer la température de l'air.

Connaissant x, on peut déduire $f(r)\,y$, élévation de température du thermomètre A due au rayonnement seul; on a :

$$f(r)\,y = T - x = \frac{T\left(\frac{K}{K'} - 1\right) - \frac{K}{K'}\,t + T}{\frac{K}{K'} - 1} = \frac{\frac{K}{K'}}{\frac{K}{K'} - 1}\,(T - t)$$

Ainsi cette dernière quantité est proportionnelle à la différence de température des deux thermomètres. Elle ne peut permettre de mesurer les intensités relatives de divers rayonnements qu'autant que $f(r)$ est constant. Or, comme jusqu'à présent on n'a pu trouver de procédé permettant de mesurer avec exactitude l'intensité d'un rayonnement, de façon à pouvoir la comparer avec celle d'un rayonnement d'une autre nature, on ne peut vérifier la constance de $f(r)$.

Détermination de $\frac{f(r)}{f'(r)}$. — *Vérification de sa constance.* — Pour faire cette détermination et cette vérification on peut employer deux procédés.

Le premier consiste à placer les deux appareils thermométriques A et B dans l'obscurité, de façon qu'ils marquent une même température $\theta = x$; à envoyer successivement sur chaque thermomètre une radiation de même nature provenant d'une source constante, le thermomètre non influencé restant voisin du premier et plongé dans l'obscurité; à mesurer la température T marquée par le premier thermomètre, A, arrivé à l'équilibre lorsqu'il est soumis à la radiation; à vérifier qu'alors B marque θ ou une température que prendrait A s'il était à sa place; à mesurer la température t marquée

par B, arrivé à l'équilibre et soumis à la radiation; à vérifier que A indique θ ou une température qu'indiquerait B, si B le remplaçait.

On a alors :

$$T = \theta + f(r)y \text{ et } t = \theta + f'(r)y,$$

d'où :

$$\frac{T-\theta}{t-\theta} = \frac{f(r)}{f'(r)}$$

Pour voir si $\frac{f(r)}{f'(r)}$ demeure constant lorsqu'on change la nature de la radiation, il suffit de faire ce changement et de déterminer de nouveau $\frac{f(r)}{f'(r)}$.

Le deuxième procédé consiste à placer les deux appareils sous l'influence d'un rayonnement dont on peut diminuer brusquement l'intensité; à admettre que le milieu dans lequel plongent les thermomètres conserve la même température pendant l'intervalle de temps que mettent les deux appareils à passer du premier état d'équilibre T, t, qu'ils avaient sous l'influence du premier rayonnement, au second état T′ et t' qu'ils prennent sous l'influence de ce rayonnement modifié en intensité; à mesurer T, t, T′ et t'.

On a alors :

$$T = x + f(r)y \qquad t = x + f'(r)y$$
$$T' = x + f(r)y' \qquad t' = x + f'(r)y'$$

D'où :

$$T - T' = f(r)(y - y') \qquad t - t' = f'(r)(y - y').$$
$$\frac{T - T'}{t - t'} = \frac{f(r)}{f'(r)}$$

Pour vérifier la constance de $\frac{f(r)}{f'(r)}$, il suffit, tout en modifiant l'intensité du premier rayonnement, d'en modifier la nature.

Si l'on veut employer cette dernière méthode en se servant d'une source calorifique naturelle, telle que le soleil, il faut : 1° noter les températures T et t correspondant à un premier état d'équilibre des thermomètres, avant que le soleil soit obscurci par un nuage; 2° noter les nouvelles températures d'équilibre T et t après l'obscurcissement de l'astre; 3° admettre que pendant l'intervalle de temps qui sépare les deux états d'équilibre des thermomètres, la température de l'air ambiant n'a pas varié, ce qui sera d'autant plus admissible que les thermomètres seront plus sensibles, c'est-à-dire mettront moins de temps à se mettre en équilibre avec la source;

4° admettre que $f(r)$ $f'(r)$ sont restés invariables, malgré la variation qui a lieu dans la nature du rayonnement.

Ayant pris les deux thermomètres conjugués dans le vide d'Arago, que M. Marié-Davy a confiés à M. Pouriau et que ce dernier a bien voulu mettre à ma disposition ainsi que son laboratoire, j'ai cherché à déterminer le rapport $\frac{f(r)}{f'(r)}$ de ces thermomètres, et à vérifier si ce rapport était constant. Ces deux thermomètres sont décrits par M. Marié-Davy dans l'Annuaire de Montsouris et par M. Pouriau dans les *Annales agronomiques*. J'ai opéré d'abord par la première méthode, la nuit du 14 mars. J'ai placé les deux thermomètres A et B côte à côte. Le réservoir du thermomètre B, non couvert de noir de fumée, était un peu au delà du foyer d'une lentille. Celle-ci étant éclairée par une lampe Bourbouze, toute la boule de verre qui préserve le thermomètre des agitations de l'air se trouvait dans la radiation. La boule du thermomètre A était non loin de B, mais hors de l'atteinte du rayonnement; de plus elle était préservée par des écrans des rayons réfléchis par la boule B. Ainsi disposés, les deux thermomètres marquaient 12°,3.

La lampe Bourbouze est allumée, on lève l'écran mobile qui empêche les rayons d'arriver à la lentille. Après 30 minutes, B a atteint son maximum 13°,7 et A marque 12°,6. La différence égale 0,9. B étant mis à la place de A et réciproquement, A atteint son maximum 15°,3 après 27 minutes, B indique 13°,2; différence 2°,1.

$$\frac{2°,1}{0,9} = 2.33 = \frac{f(r)}{f'(r)}$$

Ayant rapproché du foyer le système des deux thermomètres, j'ai attendu qu'ils soient en équilibre dans l'obscurité; ils marquent tous deux alors 13°,6.

Je fais arriver successivement sur chaque thermomètre la radiation comme précédemment, seulement j'ai soin de chauffer avec la main le thermomètre soumis à la radiation, de façon à lui faire dépasser un peu le point d'équilibre qu'il doit atteindre. J'ai alors :

Dans radiation.		Hors de la radiation.		Différence.
A	18°	B	13°,6	4,4
B	15°,7	A	13°,8	1,9
A	18°,5	B	14°,2	4,5

On a donc $\frac{f'(r)}{f(r)}$ compris entre $\frac{4.4}{1.9}$ et $\frac{4.5}{1.9}$ c'est-à-dire entre 2,31 et 2,36.

Comme la température du thermomètre à l'obscurité varie, j'ai dû chercher si cette variation tient seulement à celle de la température de l'enceinte; j'ai placé à gauche et à droite de la radiation, et à la même distance d'elle, distance très-petite, mes deux thermomètres conjugués; ils ont marqué constamment la même température.

Pour juger si $\frac{f(r)}{f'(r)}$ varie avec la nature de la radiation, j'ai interposé sur le passage du rayonnement une auge de verre renfermant de la benzine sous une épaisseur de 5 millimètres; j'ai eu alors pour $\frac{f(r)}{f'(r)}$ les rapports 2,30, 2,35, 2,32, voisins des rapports obtenus précédemment.

J'ai employé ensuite la deuxième méthode. Les thermomètres conjugués sont exposés aux radiations solaires comme l'indique M. Marié-Davy, leurs réservoirs sphériques sont tournés vers le ciel et placés à 1m,60 au-dessus d'un sol couvert de gazon. (Le gazon a un pouvoir absorbant considérable et un pouvoir réflecteur faible.)

Cela étant, j'ai cherché à observer deux états d'équilibre différents, ayant lieu à des époques les plus rapprochées possible, afin de pouvoir admettre que, pendant l'intervalle de temps qui sépare ces deux états, la température de l'air était à peu près constante. J'ai eu :

16 mars.			23 mars.			26 mars.		
	A	B		A	B		A	B
1h 50m	12°,0	6°,3	2h 25m	24°,5	12	2h 47m	19°,8	11°,3
2h 5m	25°,8	12°,5	2h 56m	9°,5	5,°6	2h 58m	12°,4	8°,2

De ce tableau on déduit pour $\frac{f(r)}{f'(r)}$ les valeurs 2,26, 2,34, 2,38.

Cette dernière méthode ne vaut certainement pas la précédente, si on n'a pas à sa disposition deux thermomètres rapides, car pendant un intervalle de temps de 12 à 15 minutes, comme cela a lieu ici pour des cas choisis, la température de l'enceinte doit varier. Malgré cela, il est nécessaire d'employer cette méthode, puisque c'est sous l'influence des radiations solaires que les thermomètres doivent être placés. Plus les thermomètres seront rapides, plus la méthode sera bonne; mais si les thermomètres sont très-sensibles, les états d'équilibre pourront quelquefois être difficiles à constater; cette difficulté sera levée si les thermomètres sont enregistreurs.

Ayant fait beaucoup de mesures de $\frac{f(r)}{f'(r)}$ par le procédé précédent, j'en ai pris la moyenne et j'ai eu 2,32.

Ayant le rapport $\frac{K}{K'} = \frac{f(r)}{f'(r)}$, j'ai calculé $\frac{K}{K'} : \left(\frac{K}{K'} - 1\right)$; j'ai obtenu

1.757, nombre qu'il suffit de multiplier par la différence de température des deux thermomètres, pour avoir l'élévation de température du thermomètre noirci, due au rayonnement. Ayant cette dernière quantité, il suffit de la retrancher de la température que marque le thermomètre à boule noire pour avoir la température de l'air ambiant.

Si l'on veut déterminer $f(r)\,y$, pour avoir une mesure du rayonnement, il ne faut la faire que lorsque les thermomètres sont en équilibre avec la source.

Je ne vais citer cette fois que quelques résultats remarquables, résultats qui ont été obtenus en admettant, ce qui n'est pas tout à fait exact, comme je l'ai reconnu pour les thermomètres dont je dispose, que : les accroissements de température acquis par les deux thermomètres, lorsqu'ils passent d'un état d'équilibre à un autre sous l'influence d'un rayonnement, sont dans le rapport $\frac{f(r)}{f'(r)}$.

Le 10 mars, le temps ayant été très-couvert toute la journée, par une nuit très-noire, à 11h 45m, les deux thermomètres marquent la même température.

Le 24 mars, de la neige et de la grêle étant tombées toute la journée, le ciel est clair; à 11h 30m du soir, le thermomètre A (noir) marque — 2°,7 et l'autre, B, — 2°,2; différence, — 0°,5; par suite $f(r)\,y = -0.5 \times 1{,}757 = -0°{,}88$.

D'où la température de l'air égale — 1°,82.

Le 26 mars à 5h 30m du matin, le soleil se levant, le ciel découvert, les thermomètres couverts de givre, A donne — 4°,5; B indique — 4°,8. D'où la température de l'air = — 5°,03.

Le 5 avril, journée insolée, à 10h du soir, un ciel clair, on a A = 0°,9; B = 0°,8; d'où température 0°,64.

Si donc pendant la nuit les thermomètres ne sont pas toujours d'accord, cela prouve que les thermomètres sous abris, qui pendant le jour servent à marquer la température de l'air, ne l'indiquent pas.

Le 27 mars, j'ai eu les résultats suivants : (V. le tableau p. 295.)

X désigne la température de l'air.

Cet exemple montre que les maxima de température de l'air ambiant, indiqués par l'appareil, ne correspondent pas avec la disparition du soleil. Cela tient : *premièrement* à ce que les thermomètres ne sont pas assez rapides; *deuxièmement* à ce que l'air, après la disparition du soleil, continue à s'échauffer encore un peu par le rayonnement venant du sol.

TEMPS.	A	B	DIFF.	$f(r)y$.	x.	OBSERVAT.
h. m.						
1 23	18°8	13°	5.3	9°31	8°99	Nuage.
1 25	18	12.8	5.2	9.14	8.86	»
1 26	19.8	13.4	6.4	11.24	8.56	Soleil.
1 27	19.5	13.2	6.3	11.07	8.43	Nuage.
1 28	22.3	14.5	7.8	13.70	8.60	Soleil.
1 30	24.8	15.5	9.3	16.34	8.46	»
1 31	28.3	17	11.3	19.85	8 45	»
1 32	27.8	17	10.8	18.97	8.83	Nuage.
1 32,5	28.3	17.3	11.0	19.32	8.98	Soleil.
1 33	28.9	17.6	11.3	19.85	9.05	»
1 34	29.3	18	11.3	19.85	9.45	»
1 34,5	27.8	17.2	10.6	18.62	9.18	Nuage.
1 35	26.8	16.8	10.0	17.57	9.23	»
1 35,5	24.8	16	8.8	15.46	9.34	»
1 36	26.2	16.5	9 7	17.04	9.16	Soleil.
1 37	28.3	17.5	10.8	18.97	9.33	»
1 39	30.3	18.4	11.9	20.91	9.39	»
1 40	29.8	18.1	11.7	20.56	9.24	Nuage.
1 43	24.6	16	8.6	15.11	9.49	»
1 45	22.4	15	7.4	13.00	9.40	»
1 55	18.3	13.2	5.1	8.96	9.34	»
1 57	17.2	12.7	4.6	8.08	9,22	»

x désigne la température de l'air.

Le 1er juin, le ciel a été sans nuage jusqu'à midi, j'ai eu alors :

TEMPS.	A	B	DIFF.	$f(r)y$.	x.	OBSERVAT.
h. m.						
5 15	14°1	10°1	4°0	7°08	7°07	
5 36	19.0	12.6	6.4	11.24	7.76	
6	22.8	15.0	7.8	13.70	9.10	
6 21	25.9	17.0	8.9	15.64	10.26	
6 46	28.8	18.9	10.0	17.57	11.23	
7 8	31.0	20.1	10.9	19.15	11.85	
7 33	32.8	21.5	11.3	19.85	12.95	
8 5	34.8	22.5	12.3	21.60	13.20	
9 25	39.3	25.8	13.5	23.72	15.58	
9 55	39.5	26	13.5	23.72	15.78	
10 18	40.8	27	13.6	23.90	16.90	
10 50	41.0	27.3	13.7	24.03	16.97	
11 13	42.20	28.30	13.9	24.42	17.78	
11 30	42.80	28.75	14.05	24.65	18.15	
11 46	42.80	28.90	13.9	24.42	18.38	
12	43.80	29.60	14.2	24.95	18.85	
12 30	43.55	29.50	14.05	24.65	18.80	
1	44.05	29.75	14.3	25.18	18.92	
1 30	41.05	28.80	12.25	21.52	19.53	Nuage.
1 35	44.20	30.00	14.2	24.95	19.25	Soleil.
2	42.55	29.25	13.3	23.37	19.18	
2 30	43.8	29.80	14	24.60	19.20	
3	33.05	25.10	7.95	13.97	19.03	
3 30	40.40	28.50	11.9	20.91	19.49	

Les indications données par ce tableau de 5 heures à midi peuvent servir à vérifier la formule de Bonguer $(1-a)^{e}$ sur laquelle nous reviendrons, ainsi que sur différents points de ce travail.

Je donnerai également plus tard la description de nouveaux thermomètres conjugués enregistreurs.

NOTICES NÉCROLOGIQUES

MALAGUTI.

Deux sciences ont particulièrement contribué, depuis cinquante ans, aux progrès de l'agriculture : la chimie et la mécanique. La chimie a dévoilé la nature des engrais, elle a enseigné aux cultivateurs à les connaître, elle leur a permis de contrôler leur valeur et d'apprécier l'influence qu'ils exercent sur la composition des végétaux dont ils ont favorisé le développement. La mécanique a donné à la culture les machines puissantes destinées à remuer le sol, à récolter et à mettre rapidement en œuvre les végétaux qu'il a portés.

Malaguti se place dans ce groupe de chimistes agronomes qui ont rendu à la pratique d'importants services; si on ne peut le mettre au rang des maîtres comme de Saussure, Liebig ou Boussingault, il est de ceux dont le nom ne peut être oublié, et les *Annales agronomiques* ne doivent pas laisser partir cet homme éminent sans lui adresser un dernier adieu.

Malaguti est né à Bologne en 1802; il débuta par la pharmacie; jeune, ardent, bon patriote, il fut de ceux qui payèrent de l'exil leur espoir de secouer le joug qui pesait sur l'Italie. Après les mouvements insurrectionnels de 1831 et l'occupation des Romagnes par les Autrichiens, Malaguti se réfugia en France, où il suivit sa véritable vocation en se livrant tout entier à l'étude de la chimie. La chance voulut qu'il fût présenté à M. Pelouze qui l'admit à son laboratoire de l'École polytechnique. L'enseignement de la chimie y brillait d'un éclat sans égal : les professeurs se nommaient Gay-Lussac et Thenard, les répétiteurs Pelouze et Dumas.

Guidé par ces maîtres illustres, entraîné par l'exemple qu'ils lui donnaient, Malaguti ne tarda pas à se faire connaître par d'intéres-

sants travaux de chimie pure, et peu à peu il réussit à se créer dans sa patrie adoptive une position indépendante. Entré en 1837 à la manufacture de Sèvres, en qualité de chimiste, il quitta cet établissement en 1840. En 1839, il obtint le grade de docteur ès sciences, puis fut bientôt agrégé des facultés des sciences. Il devint en 1850 professeur à la faculté des sciences de Rennes : c'est là que se trouvant au milieu d'un pays agricole, il fut sollicité par la ville d'adjoindre à son cours des leçons de chimie appliquée à l'agriculture; il apporta dans cet enseignement, nouveau pour lui, la clarté, la chaleur qui faisaient de lui un des meilleurs professeurs de l'université.

Les leçons de chimie agricole de Malaguti ont été recueillies, et bien qu'aujourd'hui un grand nombre des opinions qu'il défendait soient abandonnées, cet ouvrage doit encore être consulté comme un modèle d'exposition.

Les *Leçons de chimie élémentaire* de Malaguti eurent toutefois encore plus de succès; rééditées à plusieurs reprises, elles ont été, entre les mains des professeurs et des élèves des lycées, le livre classique par excellence pendant une vingtaine d'années; Malaguti aimait à rendre justice à chacun, à encourager les jeunes chercheurs, et aussitôt qu'un travail nouveau lui paraissait renfermer quelques résultats importants, il s'empressait de le faire passer dans l'enseignement; ses travaux de chimie générale ont eu une influence marquée sur les progrès de la science. « Entré dans la carrière au moment où la théorie des substitutions excitait les plus vives contradictions, Malaguti, par de nombreuses recherches de chimie organique, contribua, dans une large mesure, à la faire accepter. Ses études sur les éthers chlorés sont restées comme un modèle. La précision et la clarté qui se font toujours remarquer dans ses mémoires de chimie organique assignent à Malaguti une place d'élite parmi les savants qui ont contribué à donner à cette branche de nos connaissances sa forme actuelle (1). »

Parmi les recherches que M. Malaguti a consacrées à la chimie agricole, nous devons signaler le travail important qu'il a publié avec la collaboration de M. Durocher, son collègue à la faculté des sciences de Rennes, « sur la répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal (2), dans lequel les

(1) Dumas, *Comptes rendus*, tome LXXXVI, page 1101; 1878.
(2) *Annales de chimie et de physique*. 3e série, tome LIV, p. 257; 1858.

auteurs montrent nettement l'influence qu'exerce la nature du sol sur la composition des cendres des végétaux qui s'y sont développés. L'influence de Malaguti s'est heureusement fait sentir au moment où l'emploi des phosphates fossiles a commencé à se propager dans nos départements de l'Ouest; il fut un des premiers à signaler leur action et à recommander leur emploi.

Les services rendus par Malaguti à sa patrie d'adoption ne devaient pas rester sans récompense; chevalier, puis officier de la Légion d'honneur, Malaguti fut nommé doyen de la faculté des sciences de Rennes, à la mort de Félix Dujardin. En 1855, il avait remplacé Laurent comme correspondant de l'Académie des sciences pour la section de chimie; enfin la nomination de recteur de l'académie de Rennes couronna dignement sa belle carrière.

Malaguti voulut toujours rester fidèle à la France qui l'avait accueilli dans sa jeunesse, et il refusa les brillantes positions que lui offrirent successivement le Piémont et l'Italie. Il s'était marié en France, ses filles s'y étaient mariées également, son fils servait dans l'armée, il voulait rester Français.

Atteint par la limite d'âge en 1872, Malaguti avait dû abandonner ses fonctions de recteur. Il reçut, en quittant le service actif pour jouir de sa retraite, la croix de commandeur de la Légion d'honneur. La maladie assombrit ses dernières années; il mourut à Rennes, le 26 avril 1878, méritant qu'on fasse de lui l'éloge qui aurait touché un cœur haut placé comme le sien : ce fut un homme utile.

F. HABERLANDT (1).

Le 2 mai 1878, est mort à Vienne le docteur Friedrich Haberlandt, professeur à l'École supérieure d'agriculture à Vienne.

Dès 1850, M. Haberlandt s'était voué entièrement à l'enseignement et à la recherche des principes de physiologie végétale et d'agriculture pratique. Jusqu'en 1869, il a professé à l'Institut agricole supérieur d'Altenburg en Hongrie.

Appelé en 1869 à fonder et à diriger la station expérimentale de

(1) Nous traduisons cette notice de l'*Oesterreichische Botanische Zeitschrift*, juin 1878. Nous avons inséré dans ce recueil un travail de M. Haberlandt (voyez tome II, page 320).

séricículture de Gœrz, il en quitta la direction après trois ans, pour prendre possession de la chaire de culture à l'École supérieure d'agriculture de Vienne qui venait d'être créée. Il s'est distingué depuis par un grand nombre de travaux de physiologie végétale de la plus haute importance et du plus grand intérêt.

On peut dire que Haberlandt est le fondateur d'une nouvelle école de physiologie végétale et de chimie agricole. Sous ses auspices et sous sa direction on voyait paraître chaque année un grand nombre de travaux originaux qui furent publiés dans les *Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues.* »

M. Haberlandt est mort à l'âge de cinquante-trois ans, des suites d'une opération grave à laquelle il a dû se soumettre le 7 avril. Il était dans toute la force de son âge et à l'apogée de son activité scientifique.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

Rapport sur les essais de culture et d'engrais exécutés à Woburn au nom de la Société royale d'agriculture d'Angleterre pendant l'année 1877.

PAR MM. LAWES ET VOELCKER. F. R. S.

Expériences sur la culture continue du blé.

« Stack-yard field ». En 1876, la récolte en blé obtenu par le dernier fermier a produit par hectare :

12.95 hectolitres de grains.
2610 kilogs de paille.

Les semis sur les parcelles en expérience furent exécutés dans la première semaine de novembre 1876. On a choisi la variété « Browick » comme étant généralement cultivée dans les environs. Le fumier et les engrais minéraux furent appliqués avant l'époque des semis, les sels ammoniacaux et l'azotate de soude furent donnés au printemps.

Les produits de la récolte sont indiqués au tableau n° 1.

De leur examen on peut tirer les conséquences suivantes :

1° Le fumier de ferme et les engrais minéraux ne contenant pas d'azote n'ont exercé aucune action avantageuse.

RÉCOLTE DE BLÉ. PREMIÈRE SAISON 1877.

Nos D'ORDRE.	QUANTITÉ D'ENGRAIS PAR HECTARE.	RENDEMENT PAR HECTARE. GRAINS. VOLUME.	RENDEMENT PAR HECTARE. GRAINS. POIDS de l'hectolitre.	RENDEMENT PAR HECTARE. PAILLE
		hec.	kilog.	kilog.
1	Sans engrais	19.912	69.2	2604.1
2	224 kil. sels ammoniacaux (appliqués au printemps)	32	68.2	4674.8
3	308 kil. nitrate de soude (appliqués au printemps)	28.68	67.8	4298.3
4	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 kil. sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate	18.45	68.7	2510
5	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 kil. sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate. 224 kil. sels ammoniacaux (au printemps)	30.38	68.2	4894.5 4627.8
6	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 kil. sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate. 308 kil. nitrate de soude	28.8	67.5	2468.2
7	Sans engrais	18.78	68.4	
8	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 kil. sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate. 448 kil. sels ammoniacaux (au printemps)	39.12	69.5	6080.7
9	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 kil. sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate. 616 kil. nitrate de soude (au printemps)	35.21	68.5	5365.1
10	15,060 kil. de fumier de ferme supposé contenir une quantité d'azote égale à 112 kil. d'ammoniaque	16.2	67	2321.7
11	30,120 kil. fumier de ferme supposé contenir une quantité d'azote égale à 224 kil. d'ammoniaque	16.98	67.6	2572.7

2° Un poids déterminé de sels ammoniacaux a donné de meilleurs résultats qu'un poids d'azotate de soude contenant une quantité d'azote égale à celle que renfermaient les sels ammoniacaux. Le résultat a été le même, que les sels fussent employés seuls ou qu'ils fussent mélangés à d'autres engrais minéraux dans le rapport de 1 à 1 ou de 2 à 1.

3° La supériorité des sels ammoniacaux sur l'azotate de soude a été démontrée, dans chaque expérience, par le rendement en grains par hectare, par le poids de l'hectolitre de grains et par la quantité de paille. Pour apprécier cette supériorité, il suffisait de parcourir le champ d'expériences peu de temps avant la moisson : le grain était plus mûr et la paille avait une meilleure couleur sur les parcelles qui avaient reçu les sels ammoniacaux que sur celles où l'on avait employé l'azotate de soude.

Le peu d'action du fumier de ferme est tout à fait curieux. Il se peut que, par suite de la longue période de pluie de l'hiver 1876-77, une quantité considérable d'azote ait été perdue dans le sol, mais cette hypothèse ne semble pas suffisante pour expliquer ce résultat négatif (1).

L'absence de rendement par l'emploi de sels minéraux seuls, c'est-à-dire ne contenant pas d'azote, prouve que la récolte précédente avait absorbé tout l'azote utilisable du sol. D'un autre côté, l'augmentation de rendement (10 à 14 hectolitres de grains et 2 000 à 2 400 kil. de paille) obtenue par l'emploi des sels ammoniacaux ou du nitrate de soude sans additions, prouve que le sol contenait en quantité suffisante toutes les matières minérales nécessaires au développement du blé.

Pour une quantité donnée d'azote, le résultat fut meilleur lorsque

(1) Il est très-rare que le fumier de ferme employé à une dose modérée n'ait pas une influence heureuse sur la végétation. Cependant en 1875, lors de ma première culture d'avoine au champ d'expériences de Grignon, j'ai eu aussi un faible rendement sur les parcelles qui avaient reçu le fumier de ferme; en 1876 et en 1877, ces mêmes parcelles se sont placées au contraire au premier rang. Pour moi, la faiblesse de la récolte pendant la première année d'expériences était due à la mauvaise préparation du sol au moment des semis; la terre était soulevée par le fumier non encore décomposé qu'on y avait placé trop récemment; de là une levée irrégulière. Depuis cette époque, le fumier est placé pendant l'automne et le semis a lieu au printemps : les résultats ont toujours été excellents; il est très-possible que les faibles rendements constatés par MM. Lawes et Wœlcker soient dus à une cause analogue; ils disent, en effet, que le fumier fut appliqué avant l'époque des semis, et peut-être ces deux opérations ont-elles été trop voisines l'une de l'autre. P.-P. D.

ce corps fut donné (soit à l'état de sels ammoniacaux, soit à l'état de nitrate de soude) dans la proportion de 56 kil. d'ammoniaque par hectare que dans la proportion de 112 kil. Il semblerait par là que la quantité d'azote était dans une proportion plus que nécessaire à la croissance de la plante; cependant l'azote donné sous forme de fumier dans la proportion de 112 kil. et même de 224 kil. par hectare n'a fourni aucun résultat.

Expériences sur la culture continue de l'orge. — Stack-yard field.

L'orge fut semée après la récolte du blé de 1876. Les engrais donnés à l'orge furent les mêmes que ceux donnés au blé. Pour ce dernier, le fumier fut appliqué en quantités inégales sur les deux parcelles d'expériences. Sur l'une, sa proportion était telle que le poids d'azote qu'il renfermait correspondait à l'azote contenu dans 112 kil. d'ammoniaque, et sur l'autre à l'azote de 224 kil. d'ammoniaque. Pour l'orge, le fumier fut préparé dans la ferme de Crawley-Hill; la nourriture et la litière ayant été pesées, la composition du fumier a pu être déterminée avec plus de certitude.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus.

D'après l'ensemble du tableau II (*voyez* tableau page 303), on reconnaît la plus grande analogie entre les effets produits par les engrais sur l'orge et sur le blé. Les engrais minéraux seuls ne donnent pas d'augmentation, tandis que les sels ammoniacaux ou l'azotate de soude seuls ont été efficaces. Ainsi que pour le blé, les sels ammoniacaux sont plus favorables que le nitrate, soit seuls, soit additionnés d'autres sels, soit encore dans la proportion de 112 kil., ou de 224 kil. d'ammoniaque par hectare. Il est surtout curieux de voir que lorsque ces engrais furent employés seuls, les sels ammoniacaux ont donné 7^{h},6 d'orge de plus que l'azotate de soude contenant la même quantité d'azote. Le nitrate de soude est plus sujet à des pertes par le drainage que les sels ammoniacaux et il se peut que cette différence résulte de la perte occasionnée par le drainage et peut-être encore plus du fait que le nitrate fut semé plus tard que les sels ammoniacaux et par conséquent dans un moment moins favorable.

Le fumier ne fut pas appliqué avant le printemps, on n'eut donc pas à craindre les pluies d'hiver et par conséquent une perte d'azote résultant de ce lavage, ainsi que cela a eu lieu pour le blé. Cependant,

RÉCOLTE D'ORGE. PREMIÈRE SAISON 1877.

Nos D'ORDRE.	QUANTITÉ D'ENGRAIS PAR HECTARE.	RENDEMENT PAR HECTARE. GRAINS. VOLUME.	GRAINS. POIDS.	PAILLE.
		hectol.	kilog.	kilog.
1	Sans engrais	20	60.9	1757
2	224 kil. sels ammoniacaux	31.7	61.4	2954
3	308 kil. nitrate de soude	24	61.2	2415.8
4	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate	16.6	60.3	1433.2
5	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 sulfate de magnésie, 449 k. 25 superphosphate	34.6	61.9	3200.2
6	224 kil. sels ammoniacaux 224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 kil. sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate 308 kil. nitrate de soude	29.9	61.2	2823.7
7	Sans engrais	18	61.1	1506
8	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 kil. sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate 448 sels ammoniacaux	47.2	62.8	4423.8
9	224 kil. sulfate de potasse, 112 kil. sulfate de soude, 112 kil. sulfate de magnésie, 439 k. 25 superphosphate 616 kil. nitrate de soude	45	61.6	4031
10	Fumier de ferme provenant de : 421 kil. tourteaux, 1 052 kil. farine de maïs, 1 4399 kil. betteraves, 3 600 kil. paille de blé hachée menu et de 4 047 kil. de paille d'orge (cette dernière comme litière) en tout : 13 800 kil	16.3	62.2	1395.5
11	Fumier de ferme provenant de : 842 tourteaux, 2 104 kil. farine de maïs, 28 798 kil. betteraves, 7 200 kil. paille de blé hachée menue et de 8 094 kil. paille d'orge (cette dernière comme litière), en tout : 27 600 kil	23.8	60.7	1945.2

appliqué dans la proportion de 112 kil. d'ammoniaque par hectare, le fumier n'a produit que 16^h,8 d'orge par hectare, tandis que les sels ammoniacaux, dans la même proportion, ont produit 46^h,8 soit trois fois plus. Enfin, du fumier dans la proportion de 224 kil. d'ammoniaque par hectare n'a donné que 23^h,4 d'orge. Ainsi, les résultats d'une première expérience sur ce sol léger et poreux ont clairement fait voir, sur l'orge et sur le blé, l'action avantageuse de l'azote à l'état de combinaison dans les sels ammoniacaux ou dans l'azotate de soude.

Expériences sur les assolements.

Premier assolement. Le champ d'expérience a une étendue de 1^h,6. Voici la succession des cultures que l'on compte y faire :

1877. Pâturage.
1878. Blé.
1879. Betteraves.
1880. Orge.

Le champ a servi de pâturage à des moutons pendant l'été 1877; on y a ensuite semé du blé. Sur le premier quart du champ, les moutons ont eu, comme nourriture supplémentaire, 327 kilog. de tourteaux de graines de cotonnier; sur le deuxième quart, ils ont eu un poids égal de farine de maïs; sur le troisième et sur le quatrième quart, on ne leur a pas donné de nourriture supplémentaire. Sur ces deux derniers quarts on appliquera, au printemps, un engrais artificiel contenant les mêmes éléments (et en poids égaux) que ceux supposés contenus dans l'engrais provenant des 327 kilog. de tourteaux de graines de cotonnier et des 327 kil. de farine de maïs. Le pâturage n'étant pas d'une vigueur uniforme, les moutons auxquels on ne donna pas de nourriture supplémentaire furent parqués dans la partie la plus riche. Les moutons sont restés sur la pâture depuis le 10 mai jusque vers la fin de juillet et depuis la fin d'août jusqu'au milieu d'octobre.

Le tableau ci-dessous indique la quantité de moutons parqués sur chaque parcelle, la quantité de nourriture supplémentaire, le nombre des semaines pendant lesquelles les moutons sont restés parqués et enfin l'augmentation totale de poids qu'ils ont présentée.

NUMÉROS d'ordre.	NOMBRE D'ANIMAUX PARQUÉS. ALIMENTS QU'ILS ONT REÇUS.	AUGMENTATION du poids.
		kil.
1	10 moutons pendant une semaine ayant reçu en supplément 327.6 kil. tourteaux de graines de cotonnier	136.3
2	10 moutons pendant 15 semaines ayant reçu en supplément 327.6 kil. de farine de maïs	123.7
3	10 moutons pendant 4 semaines 1/2 sans nourriture supplémentaire	96.3
4	10 moutons pendant 13 semaines 1/2 sans nourriture supplémentaire	94.2

Les animaux qui ont reçu les tourteaux ont présenté un excès de poids de 41 kilog. environ sur ceux qui n'avaient pas eu de nourriture supplémentaire; la farine de maïs a été moins avantageuse, l'excès de poids est seulement de 28 kilog. environ. Ajoutés à la ration des bœufs maintenus à l'étable, les tourteaux ont encore donné une augmentation de poids supérieure à celle qui a été obtenue d'un poids égal de farine de maïs. Il ne faut pourtant pas considérer ces résultats comme concluants, le nombre des bœufs et des moutons soumis à l'expérience n'étant pas suffisamment élevé. L'année prochaine les expériences porteront sur des animaux plus nombreux.

Deuxième expérience. — Un champ d'une étendue de 1,6 hectare est traité comme suit :

1877. Betteraves.
1878. Orge.
1879. Pâturage.
1880. Blé.

On a semé des betteraves sur ce champ qui, après avoir été divisé en quatre parties, a été fumé comme suit : le premier quart avec un fumier provenant de paille donnée comme litière à des animaux nourris de betteraves, de paille de blé, additionné de 450 kil. de tourteaux de graines de cotonnier ; le second quart avec du fumier dans la production duquel les 450 kil. de tourteaux furent remplacés par 450 kil. de farine de maïs ; le troisième quart avec du fumier provenant également de paille et de betteraves, auquel on ajouta les deux tiers des éléments supposés contenus dans l'engrais prove-

nant des 450 kil. de tourteaux; pour le quatrième quart, enfin, on ajouta une quantité d'éléments azotés égale à la quantité contenue dans les 450 kil. de farine de maïs.

Le résultat obtenu est rapporté dans le tableau ci-dessous.

NUMÉROS d'ordre.	QUANTITÉ D'ENGRAIS PAR HECTARE.	RENDEMENT	
		BETTERAVES.	FEUILLES.
		kil.	kil.
1	Engraissé avec du fumier de ferme provenant de : 1453 k. 5 de paille comme litière et de : 2250 k. betteraves, 562 k. 5 de paille de blé et de 4500 k. de tourteaux...	9663.5	6902.5
2	Engraissé avec du fumier de ferme provenant de : 1453 k. 5 de paille comme litière et de : 2250 k. betteraves, 562 k. 5 de paille de blé et 4500 k. de farine de maïs.......	5176.8	4612.2
3	Engraissé avec du fumier de ferme provenant de : 1453 k. 5 de paille comme litière et de 2250 k. betteraves, 562 k. 5 de paille de blé additionné d'un engrais artificiel composé comme suit : 111 k. 6 nitrate de soude, 45 k. cendres d'os (transformées en superphosphate) 28 k. 1 sulf. potasse et 29 k. 3 sulf. magnésie..................	18134	8565.3
4	Engraissé avec du fumier de ferme provenant de : 1453 k. 5 de paille comme litière et de 2250 k. de betteraves, 562 k. 5 de paille de blé et avec un engrais artificiel composé comme suit : 36 k. nitrate de soude, 7 k. 3 cendres d'os, 3 k. 1 sulfate de potasse et 4 k. 9 sulf. de magnésie................	9600.7	6453.2

Comparés aux rendements ordinaires, ceux que renferme le tableau précédent paraissent faibles, cependant il faut remarquer que la quantité d'engrais n'est que de 7,500 à 10,000 kilog. par hectare, tandis que dans l'agriculture ordinaire on emploie 50,000 et même 75,000 kilog. d'engrais par hectare. Les considérations suivantes vont expliquer pourquoi ceci ne pouvait être fait.

Les expériences disposées à Woburn ont pour but de comparer les résultats produits par le fumier provenant de l'absorption d'une certaine nourriture avec ceux que fournira le fumier provenant d'un poids égal d'une autre nourriture, et en outre de comparer ces résultats avec ceux que donnera un engrais artificiel contenant les mêmes éléments principaux. L'étude de cette importante question comporte l'application des quantités suivantes d'engrais pour l'assolement de quatre années. Sur le premier quart du champ, nous

avons l'intention d'appliquer le fumier provenant de 780 kilog. de tourteaux de graines de cotonnier; sur ces 780 kilog., 450 kilog. furent employés en 1877, il en reste donc 330 kilog. qui seront employés en 1879. Sur le troisième quart, qui doit recevoir, à l'aide d'un engrais artificiel, la quantité d'azote supposée contenue dans 780 kil. de tourteaux de graines de cotonnier, nous donnerons, outre le fumier provenant de la litière, des betteraves et de la paille, 288 kil. de nitrate de soude qui seront répartis comme suit :

112 kil. aux betteraves.
55 — à l'orge.
121 — au blé.

Dans ces deux parties nous ne considérerons l'augmentation de poids que pour l'orge et pour le blé. Il est évident que si, dans l'intention d'obtenir une récolte abondante de betteraves, on avait employé davantage d'engrais, on aurait couru le risque d'avoir une récolte de blé trop luxuriante. D'après l'expérience déjà acquise par la culture continue de l'orge et du blé, il est probable que les engrais qui ont été donnés seront suffisants pour une récolte maximum.

Ainsi, la moitié du champ soumis à l'assolement a été mise en expérience, l'autre moitié le sera l'année prochaine. Les trois quarts du champ seront alors ensemencés de blé, d'orge et de betteraves, croissant sous l'influence des fumiers décrits plus haut. Le dernier quart sera exactement traité comme dans la rotation numéro 1.

Pour les expériences sur la culture continue du blé, la seconde récolte a été semée au commencement de novembre 1877. Le fumier pour les parties dix et onze a été fait dans les étables, appliqué sur la terre et enterré par la charrue. Les engrais minéraux ont déjà été distribués, mais les sels ammoniacaux et le nitrate de soude le seront au printemps.

Pendant la saison dernière, les champs de blé et d'orge ont été tenus parfaitement propres.

Dans le champ de la rotation n° 2, ensemencé de betteraves le printemps dernier, la croissance des herbes était telle, avant que les betteraves ne fussent bien levées, qu'elles ont été retardées dans les premières phases de leur végétation; la saison était généralement défavorable, cependant si l'engrais avait été suffisant, il n'est pas douteux que la récolte de betteraves de Stack-yard field n'eût égalée les récoltes des alentours. Avec la quantité d'engrais donné, on

pouvait difficilement attendre une récolte plus importante que celle obtenue dans les circonstances présentes.

La ferme de Crowley-Hill a été laissée par le dernier fermier dans des conditions déplorables et de grandes dépenses ont été nécessaires pour la remettre en état; malheureusement l'été dernier a été peu favorable à la culture, les efforts tentés n'ont pas été aussi heureux qu'on le désirait et le résultat obtenu n'a répondu qu'en partie à celui que l'on attendait.

Sur les phénomènes d'assimilation qui se produisent pendant la germination du cresson (*Lepidium sativum*. L.)

PAR M. A. MORGEN (1).

M. J. Sachs a établi, dès 1862, la relation qui existe entre la lumière et la production de l'amidon dans les grains chlorophylliens. Il a fait voir que l'amidon se produit, dans la chlorophylle, dans les mêmes conditions que l'absorption et la décomposition de l'acide carbonique. La coïncidence de ces deux ordres de phénomènes l'a conduit à admettre que l'amidon qui apparaît dans les plantes qui en sont dépourvues, quand on les expose au soleil, est le produit d'une assimilation directe. Cette manière de voir, soutenue plus tard également par MM. Kraus et Godlewsky, n'a été attaquée jusqu'ici que par un travail de M. Bœhm (2), travail qui fut reçu avec une certaine indifférence, sinon avec méfiance; cependant comme cette question est d'une haute importance pour la théorie de la nutrition, elle doit être étudiée dans tous ses détails, et de nouvelles recherches sont devenues nécessaires pour trancher le débat.

Pour démontrer que la production de l'amidon dans les grains de chlorophylle résulte de la décomposition de l'acide carbonique, on peut se servir de deux méthodes : l'une (celle de Kraus), qui permet de constater au moyen de pesées de la matière sèche que la présence de l'amidon dans la chlorophylle est accompagnée d'une augmentation de poids, l'autre (celle de Godlewsky), par laquelle on démontre que la chlorophylle, exposée à la lumière solaire dans un milieu privé d'acide carbonique, n'est pas capable de produire l'amidon. L'auteur s'est servi des deux méthodes à la fois.

(1) *Biedermann's Centralblatt*. Heft. XIII, 1877.
(2) *Botanische Zeitung*. 35, 1877, N° 35, 36, 37.

A. Les expériences portèrent sur le cresson, que l'on fit germer sur de la gaze. Afin de démontrer que l'amidon est un produit de l'assimilation, il fallait préalablement faire disparaître l'amidon provenant des matières en réserve emmagasinées dans la graine. On y réussit, après quinze jours environ, en diminuant la quantité de lumière qu'on laissait parvenir jusqu'à la plante, sans cependant l'empêcher de se développer et de former de la chlorophylle. Une partie des plantes privées d'amidon par leur séjour à une lumière ménagée, fut exposée à la lumière solaire directe et à l'air libre; une autre, placée dans les mêmes conditions de lumière, fut mise dans une atmosphère privée d'acide carbonique; une troisième enfin servit à déterminer le poids de la matière sèche.

Les expériences furent arrêtées quand les cotylédons des plantes exposées à l'air libre accusaient un brunissement très-intense en les traitant par une solution d'iode, réaction caractéristique de la présence de l'amidon en grande quantité. Quand le ciel était beau, il suffisait de quelques heures pour arriver à ce résultat.

Enfin, un certain nombre de ces dernières plantes servit de nouveau à déterminer le poids de la matière sèche, afin de constater une augmentation de poids due à l'assimilation pendant la durée de l'expérience.

En résumé, M. Morgen est arrivé aux résultats suivants :

La formation de l'amidon, dans les grains chlorophylliens des cotylédons des plantes exposées à la lumière solaire et à l'air libre, est proportionnelle à l'intensité de la lumière et à la durée pendant laquelle elle agit. Dans les conditions les plus favorables, la production est très-abondante après quelques heures d'insolation.

Les plantes de la même espèce, que l'on a privées préalablement de l'amidon qu'elles contenaient, ne forment pas trace d'amidon quand on les met dans un milieu exempt d'acide carbonique, toutes conditions égales d'ailleurs.

La formation d'amidon dans les plantes qui en possèdent déjà détermine une augmentation du poids de la matière sèche. Si les conditions sont défavorables, c'est-à-dire si l'intensité de la lumière est faible ou que la durée de l'insolation soit courte, cette augmentation ne peut être mise en évidence que d'une manière indirecte, en comparant entre elles les diminutions de poids éprouvées, d'un côté par les plantes pourvues d'amidon, et de l'autre par celles qui en ont été privées. Cette diminution de poids éprouvée pendant l'in-

solation insuffisante est moins grande pour les premières que pour les secondes, d'où on conclut que les plantes pourvues d'amidon ont augmenté le poids de leur matière sèche.

Les plantes laissées dans la demi-obscurité pendant le même temps ne forment pas d'amidon. Elles n'augmentent pas le poids de leur matière sèche.

De tous ces faits, il ressort avec évidence que l'amidon ne se forme qu'en présence de l'acide carbonique et sous l'influence d'une lumière intense; que le poids relatif ou absolu de la matière sèche est augmenté dans ces conditions et qu'enfin l'amidon est un produit d'assimilation de la plante.

B. M. Morgen a disposé une autre série d'expériences pour reconnaître l'influence de la lumière colorée sur la production de la matière organique.

Il s'agissait de montrer que l'augmentation du poids sec de la plante, dans la lumière colorée, est en général proportionnelle à la décomposition de l'acide carbonique, expériences qui avaient déjà été tentées par quelques physiologistes, et notamment par M. Pfeffer (1).

Pour modifier la lumière qui devait agir sur les plantes, l'auteur a employé des liquides colorés.

Ces liquides, bichromate de potasse et oxyde de cuivre ammoniacal, furent employés en concentration suffisante pour absorber la moitié du spectre solaire.

Les expériences portèrent également sur le cresson. On en put conclure avec certitude que la plante, ne recevant que la première moitié du spectre, augmente le poids de la matière sèche de la graine.

Ce résultat ne se montre dans toute sa netteté que pour une culture prolongée pendant plusieurs jours, et nous fait comprendre en outre l'influence exercée par la durée quotidienne de l'insolation, variable avec les saisons. Dans la lumière bleue il n'y avait jamais augmentation absolue du poids de la matière sèche relativement à la graine, tandis qu'en comparant ce poids à celui que donnent des graines germées dans l'obscurité, on obtient toujours une augmentation due à l'assimilation dans la lumière bleue.

Les poids de matière sèche des plantes développées dans les dif-

(1) *Biedermann's Centralblatt*. Vol. 2, p. 24.

férentes lumières colorées sont proportionnels à l'intensité avec laquelle s'opère la décomposition de l'acide carbonique.

L'augmentation du poids est, dans tous les cas, la plus grande dans la lumière blanche, elle est moindre dans la lumière jaune et la plus faible dans la partie bleue du spectre solaire.

Dans quelques essais, l'auteur a pu déterminer le poids des cotylédons d'un côté et celui de la tigelle et de la radicule de l'autre.

On en peut tirer cette remarque intéressante que le poids sec des cotylédons des plantes développées dans la lumière blanche, jaune et bleue, est toujours supérieur au poids de la tigelle ajouté à celui de la radicule, tandis que les plantes étiolées nous présentent le phénomène inverse.

Ce fait ne saurait être interprêté qu'en admettant qu'il y a eu assimilation dans les trois sortes de lumière, assimilation proportionnelle à l'intensité de la décomposition de l'acide carbonique.

Les rapports de longueur des plantes exposées à la lumière sont déterminés par l'intensité de l'assimilation (si on ajoute la longueur de la radicule à celle de la tigelle).

La longueur totale des plantes développées dans l'obscurité dépasse ordinairement celle des plantes développées dans la lumière bleue. La lumière semble donc exercer sur le développement en longueur des plantes une action ralentissante dont il faut tenir compte, si on compare des plantes développées dans l'obscurité à d'autres qui ont prospéré dans une lumière colorée. Chez les plantes exposées à la lumière blanche, l'accroissement est proportionnel à l'intensité de l'assimilation, ce qui revient à dire qu'il est déterminé par la quantité de matériaux disponibles pour former les tissus de la plante.

Le développement en longueur extraordinaire des plantes dans l'obscurité provient principalement du développement exclusif de la tigelle.

Considérée seule, cette dernière présentait une longueur successivement plus grande dans la lumière blanche, jaune, bleue, jusqu'à l'obscurité. Les racines se comportent inversement. Nous voyons dans cette expérience l'action ralentissante de la lumière se manifester par degrés. Il est à remarquer que la tigelle des plantes développées dans la lumière jaune est en général plus courte que celle des plantes dans la lumière bleue, bien que Kraus (1) ait pu

(1) *Biedermann's Centralblatt*. Vol. 4, p. 155.

voir dans ses expériences sur l'action de la lumière jaune un allongement excessif de la tigelle; il est vrai qu'il n'expérimentait pas sur des graines en germination.

Quant à la racine, il est probable que son développement est proportionnel à la quantité des matières assimilées.

C. Dans une troisième série d'expériences, l'auteur s'est appliqué à déterminer le rôle de l'intensité de la lumière sur l'assimilation.

Les plantes en germination (graines de *lepidium sativum*) furent étalées sur de la gaze et disposées dans des verres que l'on plaça près d'une fenêtre : le premier très-près, le second à 1 mètre, le troisième à 2, le quatrième à 3 mètres de distance, de sorte que les deux premiers verres recevaient seuls la lumière directe.

Le poids sec des plantes du premier verre surpasse de beaucoup celui des embryons. Il en est de même des plantes à 1 mètre de distance, toutefois celles-ci accusent un poids sec de beaucoup inférieur. Ce n'est seulement qu'à partir du mois de mars qu'on put constater une augmentation de poids chez les plantes du troisième verre, et enfin cette même augmentation ne se montrait qu'à partir d'avril et de mai chez les plantes placées à 3 mètres de la fenêtre.

D'autres expériences, où on rapprochait davantage les verres, firent voir qu'il suffit déjà d'un écart d'un demi-mètre pour produire une différence notable dans l'augmentation du poids sec des différentes plantes. L'intensité de l'assimilation est même influencée par des distances qui ne dépassent pas le diamètre d'un pot de fleurs ordinaire.

Les rapports de longueur entre la tigelle et la radicule sont très-intéressants et constants.

Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la source lumineuse, on voit la tigelle s'allonger et la radicule diminuer de développement.

M. Famintzin (1) a pu constater, il y a déjà quelque temps, les mêmes phénomènes, inverses pour la tigelle et la radicule de *Lepidium sativum* à la lumière et dans l'obscurité. Il a trouvé, en outre, que la somme des longueurs des deux organes restait toujours la même. Ces phénomènes ne s'observent que dans la première période de la germination. Dans les expériences de M. Famintzin, en effet, ainsi que dans celles de M. Morgen, la somme des deux longueurs

1) *Biedermann's Centralblatt*. Vol. 11, p. 100.

changeait dès que la plantule avait dépassé la période de germination.

BIBLIOGRAPHIE

PUBLICATIONS DU PORTUGAL A PROPOS DE L'EXPOSITION DE 1878

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN.

L'exposition de 1878 fournit aux diverses nations l'occasion de faire connaître leurs ressources, leurs marchandises d'exportation; toutefois le public, qui n'a sous les yeux que ces marchandises elles-mêmes, ne peut se faire qu'une idée très-incomplète des richesses que présente le pays qui les expose, lorsque ce pays ne fortifie pas son exposition de quelques notices explicatives.

Les commissaires du Portugal étaient trop avisés pour négliger ce puissant moyen d'instruction, aussi ont-ils publié quelques travaux importants à l'aide desquels nous pouvons apprécier l'intérêt que présente l'exposition agricole du Portugal (1).

En 1876, sur une exportation totale de 135 millions, le Portugal a envoyé dans la Grande-Bretagne pour 77 millions de marchandises; l'importation de l'Angleterre en Portugal a été de 102 millions, sur un chiffre d'importation totale de 200 millions; les relations entre les deux pays sont donc très-actives, elles sont aussi très-anciennes, et les autres nations auront quelque peine à supplanter la Grande-Bretagne. Cependant les échanges avec la France se sont considérablement accrus depuis une douzaine d'années, et l'exposition internationale de Porto, en 1865, a singulièment favorisé les relations des deux pays; si nos importations du Portugal restent

(1) Les ouvrages auxquels nous emprunterons les documents que nous allons résumer sont les suivants : *O Douro illustrado* par le visconde de Villa Maïor; très-belle publication en trois langues, (portugais, anglais, français), ornée de nombreuses gravures. *Manual de Viticultura pratica*, par le même auteur. *Technologie rurale*, par le conseiller Ferreira Lapa, 2 volumes. *Chimie agricole*, par le même auteur. *Mémoire sur les vins de Portugal*, par M. le conseiller de *Moraes Soares*. *Des céréales les plus importantes cultivées en Portugal. — Le lin en Portugal. Notice sur la production et la classification des laines en Portugal. — Aperçu statistique, économique et administratif sur le Portugal et ses colonies*, par le baron de Wildick.

encore peu importantes (7 millions en 1876), en revanche nos exportations nous placent nettement au second rang avec 32 millions, le Brésil, qui vient le troisième, n'important en Portugal que 13 millions environ.

Les relations que nous entretenons avec le Portugal sont donc déjà très-actives, et elles ne feront sans doute que s'accroître si nous apprenons à mieux connaître cette contrée et les ressources dont elle dispose.

L'exportation des vins de Madère, Porto et des autres qualités oscille, comme moyenne, entre 50 et 60 millions de francs, c'est donc, pour un seul article, à peu près le tiers de l'exportation totale, et nous commencerons par étudier cette importante branche de commerce.

Pour la masse du public, le Portugal et ses brillantes colonies ne produisent que des vins alcooliques, connus sous les noms de vins de Porto et de Madère; rien n'est plus inexact: le Portugal produit les vins les plus variés, et à mesure que nos échanges avec ce pays s'accroîtront, à mesure aussi nous apprendrons à connaître les diverses qualités de vins qu'il peut apporter sur le marché.

M. Rogrigo de Moraes Soares nous enseigne, en effet, que le Portugal produit annuellement environ 4 millions d'hectolitres de vin, sur lesquels l'exportation ne prend guère que 550 mille hectolitres; il est vrai que les vins exportés sont d'un prix élevé, puisque pendant les dernières années ils représentaient, ainsi que nous l'avons vu, plus de 50 millions de francs.

L'exportation comprend d'abord les vins du Douro, qui ont pris de leur port d'embarquement le nom de vins de Porto.

Il semble au premier abord que ces vins, provenant d'une contrée traversée par un grand fleuve, ne rencontreront aucun obstacle pour arriver à la mer et s'embarquer pour les ports étrangers; ce n'est pas cependant sans de grands efforts qu'on a réussi à rendre navigable le cours impétueux du Douro : il y a un siècle, on y rencontrait une cataracte qui entravait absolument la navigation; les travaux, commencés en 1780, sous le règne de Dona Maria Ire, ne furent terminés qu'en 1792; pendant les basses eaux, le parcours de cette partie du fleuve, autrefois inaccessible, ne présente plus de dangers, mais quand les eaux sont hautes, il reste encore extrêmement difficile.

On peut suivre en détails les difficultés de la navigation du Douro en lisant le bel ouvrage de M. Oliveira Pimentel, vicomte de Villa

Maïor, qui, prenant le fleuve à sa source, en Espagne, nous conduit jusqu'à son embouchure, à Porto et à Foz; les chemins de fer, au reste, faciliteront bientôt les transports, et si on en juge par l'admirable travail commandé à M. Eifel par l'administration portugaise, on voit qu'elle est décidée à ne reculer devant aucun obstable (1).

Nous trouvons dans le *Douro illustré*, dans le *Manuel de viticulture*, dans la *Technologie agricole*, des indications sur les procédés de vinification employés dans cette région du Portugal; ils sont loin d'être parfaits, loin d'être uniformes, ce qui se conçoit facilement, dans un pays montagneux où les communications ne sont pas fréquentes et où les vieilles méthodes tendent à se perpétuer.

Les vins du Douro présentent plusieurs qualités : celle du haut Douro, la première, est presque entièrement exportée en Angleterre.

Au nord du Douro se trouvent deux contrées viticoles qui donnent : l'une, *Traz os Montes*, des vins de bonne qualité qui sont souvent brûlés et fournissent l'eau-de-vie employée à la fabrication du vin de Porto alcoolisé, tel que nous le connaissons dans le commerce; l'autre, le *Minho*, fournit des vins légers, aigres, très-recherchés comme boisson fraîche pendant les grandes chaleurs; ces vins sont souvent désignés sous le nom de vins verts, on les appelle aussi *vinhos de enforcado* (*enforcado, pendu*) parce qu'ils sont produits par des ceps dont les longues pousses s'entrelacent dans les branches des arbres.

Au sud du Douro se trouve une contrée, le *Beira Alta*, destinée sans doute à un grand avenir viticole; ses vins commencent à pénétrer en France. En 1873, l'exportation pour notre pays s'est élevée à 17 ou 18000 hectolitres; *Beira Baxa* produit 700000 hectolitres de vin, quelques-uns jouissent d'une renommée méritée comme vins de table : légers, aromatiques, transparents, assez riches en alcool, ils constituent l'un des meilleurs types de vins portugais.

L'*Estramadure* donne des vins extrêmement variés; parmi eux se trouve le muscat de Setubal dont la réputation est européenne, et dans une qualité très-différente les vins de *Collares :* doux, clairets, un peu aigres et modérément alcooliques, les vins de Collares sont,

(1) L'exposition des travaux publics au Trocadéro présente un modèle en relief du pont du Douro, qui est assez élevé au-dessus du fleuve pour que les vaisseaux du plus fort tonnage puissent passer sans baisser leur mât; la hauteur du tablier est de plus de 50 mètres au-dessus du niveau de l'eau : la colonne Vendôme tiendrait dessous, mais les tours de Notre-Dame sont plus hautes.

à cause de leur bouquet agréable, hautement appréciés par les consommateurs de Lisbonne, et la bonne réputation qu'ils ont déjà acquise à l'étranger assure à leur commerce un brillant avenir.

Les provinces méridionales de l'Alemtejo et des Algarves donnent encore des vins estimés, dont les derniers rappellent les productions de l'Espagne, et s'ils étaient fabriqués avec plus de soin ils pourraient lutter sur le marché avec les vins de Xérès et de Malaga.

Le Portugal a encore beaucoup à faire pour tirer parti des conditions avantageuses dans lesquelles il se trouve pour la production du vin.

Dans beaucoup de localités, la culture de la vigne est négligée, les méthodes de vinification sont défectueuses, mais il est vraisemblable que les efforts que font quelques hommes éclairés pour modifier ces fâcheuses conditions seront couronnés de succès.

Le ministre des travaux publics, M. João d'Andrade Corvo, a confié à M. d'Oliveira Pimentel, à MM. les conseillers Ferreira Lapa et A. d'Aguiar, le soin d'éclairer toutes les questions qui touchent à la production viticole du Portugal, et le mérite de ces savants distingués ne permet pas de douter de leur succès.

M. d'Olivera Pimentel a consacré, en effet, à l'étude de la viticulture portugaise, son *Manuel de viticulture pratique*, dans lequel il ne dédaigne pas de décrire minutieusement les pratiques agricoles qui doivent conduire le vigneron à tirer tout le parti possible d'un sol qui semble prédestiné aux riches cultures. L'auteur débute par des considérations générales sur l'influence qu'exercent le sol, l'exposition et le climat sur la réussite des vignobles; il étudie ensuite la vigne au point de vue botanique, puis il donne aux vignerons les conseils les plus judicieux sur la plantation de la vigne, sur le choix du terrain, la profondeur à laquelle la plantation doit être faite; plus tard, il examine les différentes sortes de taille, etc.; la vigne plantée, la vendange faite, il faut soigner le vin : ici encore M. de Villa Maïor examine toutes les opérations nécessaires à la conservation et à l'amélioration du vin.

Ce livre est un traité complet de la question, il rendra à coup sûr de grands services; peut-être cependant serait-il utile d'en faire un abrégé d'une cinquantaine de pages qui serait répandu à profusion dans le pays et dans lequel seraient formulées nettement, sous forme de préceptes, les excellentes leçons que donne M. de Villa Maïor à ses compatriotes.

Nous n'avons pas sur la production de Madère des renseignements aussi nombreux que ceux que nous avons pu obtenir pour le Portugal continental; au reste, la production de cette île n'entre que pour une faible part dans la production vinicole totale du Portugal, on en jugera par les chiffres suivants :

ANNÉES.	MADÈRE.	PORTO.	AUTRES QUALITÉS.	TOTAL.
	hectol.	hectol.	hectol.	
1874...........	6.927	286.490	238.082	531.500
1875...........	8.400	324.270	174.858	507.556
1876...........	8.764	314.689	205.062	528.516

La valeur de cette exportation a été :

ANNÉES.	MADÈRE.	PORTO.	AUTRES QUALITÉS.	TOTAL.
	francs.	francs.	francs.	francs.
1874...........	2.187.266	38.888.033	10.274.105	51.349.404
1875...........	2.374.822	50,256.138	9.222.483	61.853.443
1876...........	2.451.438	43.295.861	11.174.888	56.922.187

Les produits de la vigne ont donc une importance capitale. Faisons des vœux pour que le terrible phylloxera ne vienne pas anéantir rapidement ces grandes sources de richesse.

Au Champ de Mars, l'exposition des vins portugais était au grand complet; mais, quel que soit son intérêt, elle ne doit pas nous faire oublier les autres productions importantes du pays.

La brochure intitulée *le Lin en Portugal* nous décrit les diverses variétés de ce textile qui y sont cultivées; parmi celles-ci brille au premier rang le *gallego*, lin de printemps, qui donne une filasse remarquable; mais sa culture est difficile, elle ne réussit que dans les sols arrosés, d'une certaine profondeur et convenablement fumés.

Le lin de Rigà, malgré ses grandes qualités, n'a qu'incomplétement réussi; en somme, le Portugal est loin encore de produire la quantité de lin qu'il consomme.

La notice consacrée à l'étude *des Céréales les plus importantes*

cultivées en Portugal nous fait voir que chacune des principales céréales du Portugal, savoir, le blé, le maïs, le seigle et l'orge, semble avoir choisi une région distincte de la surface du royaume : le blé et l'orge se trouvent surtout dans la partie centrale et dans le midi ; le maïs et le seigle croissent dans le nord. Le premier se trouvant répandu dans toute la partie basse de la côte océanique, entre Aveiro et Valenca do Minho, et le seigle occupe la partie montagneuse des provinces de Beira et Traz os Montes.

Les cultures des diverses céréales sont répandues sur les surfaces suivantes :

Blé	260 000	hectares.
Maïs	520 000	—
Seigle	270 000	—
Orge	70 000	—
Riz	7 000	—
	1 127 000	

M. le conseiller Rodrigo de Moraes Soares estime la production du blé à 2 700 000 hectolitres ; le rendement ne serait donc que de 10 hectolitres par hectare, ce qui annonce une agriculture encore peu prospère.

On sait qu'en France notre rendement s'élève à environ 14 hectolitres ; mais il faut remarquer que les hauts rendements de 25 à 30 hectolitres de la région septentrionale, tendent à élever beaucoup la moyenne, de telle sorte que si on cherchait à déterminer le rendement de la région méridionale, on ne le trouverait pas sans doute beaucoup plus élevé que celui du Portugal.

Après le blé, le maïs est la plus précieuse des céréales ; on peut dire qu'il fournit exclusivement le pain des classes pauvres. Selon le rapport des subsistances cité plus haut, la production annuelle du maïs est en Portugal de 476 millions de kilogrammes ; c'est environ de 12 à 13 hectolitres par hectare, ce qui est encore un maigre rendement.

La culture des céréales en Portugal est donc loin d'avoir encore atteint tout le développement qu'elle comporte ; comme dans notre midi, les cultures herbacées sont atrophiées par le manque d'humidité ; depuis qu'on cultive le maïs fourrage dans le nord de la France, on sait à quel point cette plante a besoin d'humidité : la récolte pendant une année pluvieuse devient facilement le double de ce qu'elle est pendant une saison sèche, et il n'est pas douteux que le jour où le Portugal pourra dépenser les sommes nécessaires

pour capter dans la montagne les eaux des pluies qui s'écoulent jusqu'à présent sans profit vers la mer, puisqu'à l'exception du Tage les autres fleuves sont à peine navigables, il transformera son agriculture comme par enchantement. Rien ne peut être plus avantageux pour cette contrée qu'un bon système d'irrigation.

Au vin qui constitue, comme nous l'avons dit, le principal aliment de l'exportation du Portugal, il faut encore ajouter : le liége qui, à l'état brut ou ouvré, donne 5 millions, et les fruits qui fournissent 5 millions sur lesquels les oranges figurent à elles seules pour 3 millions ; enfin les bois donnent un million.

Productions animales. — Si les produits végétaux ont pour le commerce portugais une importance de premier ordre, les matières premières fournies par les animaux, les animaux eux-mêmes, présentent également un grand intérêt. En 1876, l'exportation du bétail a fourni 8 242 000 fr. ; les viandes plus d'un million, la cire plus de 4 millions, la laine plus d'un million.

L'importation est également considérable; ainsi nous trouvons que la valeur du bétail importé en 1876 est de 5 millions et demi; il est probable que l'importation a lieu par la frontière d'Espagne, qui envoie des animaux s'engraisser en Portugal, et que celui-ci les expédie, après quelques temps de séjour dans ses prairies, en Angleterre, le grand consommateur de viande de l'Europe.

Le commerce d'importation des peaux est également considérable, elles viennent du Brésil, avec lequel le Portugal entretient toujours des relations très-suivies.

Archipels des Açores et de Madère. — Les deux archipels ne comptent pas parmi les colonies, on les considère, à cause de leur proximité comme faisant partie du Portugal européen. Les Açores forment un groupe de neuf îles situées de 36° 58 de latitude nord à 39° 42, le 30me degré de longitude O. passe au milieu d'elles; elles sont en général de petites dimensions : la plus grande a 61 kilomètres de long sur 14 de large. Le climat doux et humide de ces îles les rend propres à toutes les productions agricoles; parmi elles, les oranges se placent au premier rang, les pommes de terre viennent ensuite, le lin est également cultivé sur une grande échelle. Les relations de plus en plus fréquentes de l'Europe et de l'Amérique font des Açores, placées sur le chemin de l'Amérique centrale, un important point de relâche. En 1876, il est entré dans l'archipel 1073 navires à voiles et il en est sorti 1050; il est entré 285 navires à vapeur

et il en est sorti 305; on jugera des progrès accomplis en comparant ces chiffres à ceux de 1856, qui avaient donné à l'entrée 864 et à la sortie 849 pour les navires à voiles, 7 et 5 pour l'entrée et la sortie des bâtiments à vapeur.

L'archipel de Madère (32° latitude N., 19° longitude O.) ne comprend que trois îles, dont deux seulement sont habitées. Madère est plus étendue que Porto Santo; le climat de Madère est un des plus tempérés du globe, et à mesure que la navigation se développera, à mesure aussi cette île sera plus fréquentée pendant l'hiver par les personnes atteintes de maladies de poitrine.

Autrefois Madère produisait des cannes à sucre, plus tard on a renoncé à cette culture pour se livrer à la production du vin dont la réputation est universelle; cette production a baissé cependant : en 1849 elle était de 260 000 hectolitres, en 1873 elle n'a atteint que 124 000 hectolitres; la valeur de l'exportation est de 2 millions et demi. La culture du blé a fait de grands progrès, l'exportation s'élève à près de 2 millions d'hectolitres; les oranges, les pommes de terre sont encore d'importantes marchandises d'exportation. — Les bâtiments qui se dirigent d'Europe dans l'Amérique méridionale et ceux qui en reviennent relâchent souvent à Madère, qui voit entrer et sortir de son port, annuellement, près de 600 bâtiments, dont plus de moitié sont des steamers.

Le visiteur de l'Exposition de 1878 pourra reconnaître dans la section portugaise les productions que nous avons décrites rapidement; il trouvera dans la belle façade de l'église de Belem comme un reflet de la grandeur du Portugal au xve siècle; en pénétrant plus avant, il verra dans l'Exposition des produits agricoles, si bien disposée par M. J. Ferreira Lapa, dans l'admirable collection des vins de Porto et de Madère, dans le pittoresque pavillon où sont rassemblés les produits des colonies, les preuves de l'activité agricole et industrielle de ce peuple petit par le territoire et par le nombre, mais qui a su, par l'éclat de ses découvertes maritimes, écrire dans l'histoire de l'humanité son nom en caractères ineffaçables.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Le gérant, G. MASSON.

SUR L'ASSIMILATION DES SUBSTANCES MINÉRALES PAR LES PLANTES

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

Docteur ès sciences, Aide naturaliste au Muséum d'histoire naturelle.

Deuxième mémoire.

ASSIMILATION DE LA SOUDE

En 1865, j'ai présenté à l'Académie des sciences, sur la question qui m'occupe encore aujourd'hui, un mémoire qui a reçu sa haute approbation (1). J'ai essayé, dès cette époque, de faire voir que les phénomènes de diffusion suffisent à faire comprendre comment les végétaux choisissent dans le sol certaines matières minérales de préférence à certaines autres.

L'analyse des cendres dévoile cependant quelques cas particuliers qui paraissent faire exception aux règles générales que j'ai posées, et j'ai dû reprendre cette question pour reconnaître si les exceptions n'étaient qu'apparentes et rentraient dans ces règles générales, ou si au contraire celles-ci devaient être modifiées.

M. Péligot, notamment, a montré, depuis plusieurs années déjà (*Ann. de chim et de phys.*, 4e série, tomes XII, XXIII, XXX), que la soude ne se rencontrait pas habituellement dans les cendres des végétaux; j'ai cherché à quelle cause il fallait attribuer son absence, et je résumerai ici les expériences que j'ai exécutées sur ce sujet; elles m'ont occupé pendant fort longtemps, puisque mes premiers essais remontent aux années 1868 et 1869.

I

Sur la répartition de la potasse et de la soude dans les végétaux. Travaux de M. Péligot.

La similitude de propriétés qui existe entre la potasse et la soude a conduit beaucoup d'auteurs à supposer, *a priori*, que ces deux

(1) L'Académie a décerné à ce mémoire le prix Bordin, le travail a été publié *in extenso* dans les *Annales des sciences naturelles*. Botanique, 5e série, t. VIII, p. 145, 1867.

bases peuvent se remplacer dans les végétaux comme elles se remplacent dans nombre d'opérations chimiques et industrielles. On aurait bien vite reconnu que cette idée était inexacte, si la soude se dosait aisément, mais la difficulté qu'on rencontre à l'isoler régulièrement a décidé pendant longtemps les chimistes à apprécier cette base par différence.

L'idée que la soude existait dans les cendres des végétaux avait été admise sans discussion, la plupart des analystes ne cherchaient même pas, par des essais qualitatifs, à constater sa présence; on la portait de confiance au tableau de l'analyse, et le chiffre qui la représentait était d'autant plus fort que pendant l'analyse laborieuse des cendres on avait fait plus d'erreurs par défaut.

M. Péligot a donné au début de ses recherches un procédé qui permet de déceler avec certitude la présence de la soude : il y réussit en éliminant la chaux, la magnésie, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique et l'acide carbonique par la baryte ; dans la liqueur qui ne renferme plus que la potasse, la soude et la baryte en excès, on fait passer un courant d'acide carbonique et on porte à l'ébullition ; la baryte étant séparée par le filtre, on transforme les alcalis ainsi isolés en azotates, de façon à séparer par cristallisation la plus grande partie du salpêtre ; on convertit enfin ces azotates en sulfates neutres. Si la potasse est pure, exempte de soude, les cristaux transparents de sulfate de potasse ne changent pas d'aspect par la dessiccation ; si au contraire la potasse est mêlée à la soude, le sulfate de soude s'effleurit et l'aspect blanchâtre que prennent bientôt les cristaux des sulfates décèle la présence de la soude.

En employant cette méthode de recherche, M. Péligot est arrivé à se convaincre que la soude était très-rare dans les cendres des plantes terrestres, et qu'à l'exception de quelques espèces qui se plaisent sur le bord de la mer, les végétaux ne renferment pas une quantité de soude suffisante pour être décelée par le procédé très-précis que nous venons de rappeler.

Dès l'époque où M. Péligot a publié son important travail, j'ai répété ses analyses, et bien que j'aie employé un procédé différent du sien, je suis arrivé à des résultats identiques.

J'isole les alcalis par la baryte, comme M. Péligot ; mais au lieu de caractériser la soude par l'efflorescence de son sulfate, j'ai préféré la reconnaître en produisant du chloroplatinate de sodium, qui se

présente sous forme de longues aiguilles rouges très-différentes des cristaux octaédriques du chloroplatinate de potassium.

J'ai cherché en vain la soude dans les cendres de différentes plantes et notamment dans celles des haricots et des pommes de terre, que M. Péligot avait reconnu depuis longtemps ne renfermer que de la potasse.

Je n'ai même pas pu constater la présence de la soude dans des pommes de terre que j'avais plantées au champ d'expériences de Grignon en 1869 et qui avaient été arrosées à l'aide de dissolutions de chlorure de sodium, d'azotate, de phosphate, de sulfate et de carbonate de soude : aucun des sels versés en dissolution au pied des plantes n'y avait pénétré.

J'ai communiqué à cette époque ce résultat à M. Péligot qui a bien voulu l'insérer dans son mémoire de 1871, publié dans les *Annales de chimie et de physique* (4e série, tome XXIII, p. 416).

En 1874, au Muséum, j'ai arrosé un haricot enraciné dans une bonne terre de jardin, avec une dissolution de chlorure de sodium ; ce sel a été donné à diverses reprises pendant la durée de la végétation. La plante a fini par périr. Je l'ai brûlée, et si j'ai pu constater dans les cendres une quantité considérable de chlore, je n'ai pas pu obtenir les cristaux de chloroplatinate de sodium. Ainsi, non-seulement, comme l'a reconnu M. Péligot, les plantes terrestres développées dans des conditions normales ne renferment pas de soude, mais encore l'arrosage à l'aide des sels de soude ne suffit pas pour que cette base pénètre dans les végétaux en quantité suffisante pour que sa présence soit constatée par les procédés précédents.

Une expérience déjà ancienne m'avait donné cependant un résultat différent : en 1869, j'avais élevé à Grignon une pomme de terre dans du sable, placée dans un pot à fleurs ordinaire; je l'avais arrosée avec des dissolutions renfermant de la soude, j'avais brûlé la plante quand elle était arrivée au terme de son développement, et j'avais pu obtenir, de l'eau de lavage des cendres, une quantité sensible de chloroplatinate de sodium.

Ainsi, bien que très-habituellement la soude ne se rencontre pas dans les cendres des végétaux terrestres, il est possible cependant, dans quelques circonstances, de déterminer son assimilation. Quelles sont ces circonstances? A quelle cause faut-il attribuer l'absence habituelle de cet alcali ?

Tels sont les points sur lesquels j'ai porté mon attention.

II

Absorption du chlorure de sodium par les haricots enracinés dans l'eau. — Mode de recherche.

J'ai repris, en 1874, cette étude de l'assimilation de la soude, et j'ai employé un mode de recherche qui, encore peu usité dans les laboratoires français, est très-employé, au contraire, par les physiologistes allemands et les a souvent conduits à des résultats intéressants.

Au lieu de semer les haricots sur lesquels je voulais opérer dans du sable ou toute autre matière inerte dont la pureté est toujours difficile à constater, j'ai suivi le développement de plantes enracinées dans l'eau; on ajoute à celle-ci les matières sur lesquelles on veut opérer, et on peut, en mesurant et en analysant le liquide, constater aisément les modifications qu'il a subies.

J'ai opéré surtout sur les haricots d'Espagne que j'ai fait germer en les plaçant sur des baguettes de verre entre-croisées et recouvertes d'une mince couche d'eau (1). Le haricot reste ainsi assez humide pour germer régulièrement. Quand la radicelle a un centimètre de long environ, on l'introduit dans un trou pratiqué sur un bouchon plat qui ferme un flacon ordinaire rempli d'eau; la radicelle continue à se développer, et le haricot ne tarde pas à produire une tige souvent un peu grêle, mais qui porte cependant un nombre suffisant de feuilles quand les dissolutions nutritives sont convenablement choisies.

Pour reconnaître si dans ces conditions les haricots absorberaient de la soude, j'ai disposé les expériences de la façon suivante :

Un haricot était enraciné dans un flacon renfermant 100^{cc}; on déterminait, à l'aide des liqueurs titrées, la quantité de sel marin contenue dans la dissolution (2), puis après quelques jours, quand les haricots avaient évaporé une partie du liquide, on mesurait la quan-

(1) L'influence de la température est considérable : autant il est facile de faire germer les haricots au printemps et en automne, autant il est difficile de réussir pendant les chaleurs de l'été; les haricots pourrissent presque tous.

(2) Pour apprécier de petites quantités de sel marin, on prend 10^{cc} du liquide à essayer, on y ajoute quelques gouttes de chromate neutre de potasse, puis on y fait tomber goutte à goutte une dissolution très-étendue de nitrate d'argent bien neutre placé dans une burette graduée; tant qu'il y a du chlore à précipiter le nitrate d'argent ne

tité qui restait, et on procédait à un nouveau dosage; en calculant la quantité de sel contenue dans la totalité du liquide, on pouvait voir si une petite quantité de sel marin avait disparu.

Je laisserai de côté un grand nombre d'expériences qui m'ont servi à trouver les conditions d'absorption du chlorure de sodium pour ne mettre sous les yeux du lecteur que les expériences décisives exécutées pour vérifier les conclusions auxquelles j'étais arrivé.

Expérience n° 1. — Au mois d'octobre 1876, les expériences ont été disposées simultanément sur trois haricots dont les racines plongeaient dans du chlorure de sodium, et sur trois autres plongeant dans du chlorure de potassium.

On a répété les dosages à diverses reprises; on a constaté que, dans les premiers jours, les haricots prennent une petite quantité de sel marin, puis que la quantité prise diminue jusqu'à devenir nulle, et on a cru voir, à deux ou trois reprises différentes, qu'à la fin de l'expérience la concentration de la liqueur avait augmenté plus que ne le comportait l'évaporation constatée, comme si la plante avait laissé échapper une petite quantité du chlorure absorbé d'abord.

Quant on mit fin aux expériences, qui avaient duré du 28 octobre au 20 novembre, on obtint les résultats suivants :

CHLORURE DE POTASSIUM.

	Eau évaporée.	Chlorure pris par le haricot.
N° 1	76cc	0g,025
N° 2	54cc	0g,016
N° 3	64cc	0g,026

CHLORURE DE SODIUM.

	Eau évaporée.	Chlorure pris par le haricot.
N° 1	58cc	0g,014
N° 2	32cc	0g,005
N° 3	80cc	0g,020

Expérience n° 2. — Nous citerons encore une autre expérience qui a été exécutée du 27 juin au 6 juillet 1876, et dans laquelle six haricots ont été placés ensemble dans une dissolution de sel marin.

Les 400cc de la liqueur renfermaient au commencement de l'expérience 0gr,955 de sel marin.

réagit pas sur le chromate et la liqueur conserve une teinte jaune ; mais aussitôt que tout le chlore est précipité, il se forme du chromate d'argent qui présente une teinte rouge bien prononcée; ce changement de teinte indique le moment où l'opération est terminée, on lit alors le nombre de divisions employées.

Le 29 juin, la liqueur est réduite par l'évaporation à 338^{cc}, qui ne renferment plus que 0^{gr},904 de sel marin.

Du 29 juin au 6 juillet les plantes commencent à souffrir, sur deux d'entre elles les feuilles du bas sont flétries; le 6 juillet, la liqueur est réduite à 310^{cc}, qui renferment 0^{gr},915 de sel marin.

Ainsi, les haricots ont pris une certaine quantité du sel marin qui était en dissolution.

Ils ont pris infiniment plus d'eau que de sel. En effet, si le sel eût été pris comme l'eau, on n'aurait dû trouver à la fin de l'expérience que 0^{gr},740 de sel marin dans les 310^{cc} restants, tandis qu'il en reste 0^{gr},915; c'est-à-dire que le liquide, en se concentrant de 400 à 310^{cc}, n'a perdu que la différence entre 0^{gr},955 et 0^{gr},915, c'est-à-dire 0^{gr},040 de sel marin.

Cette observation est tout à fait d'accord avec celles qu'a faites autrefois Th. de Saussure. On se rappelle qu'ayant employé des dissolutions assez concentrées, il a trouvé, dans tous ses essais, que les plantes en expérience avaient pris beaucoup plus d'eau que de matière dissoute.

Mais il est un point sur lequel il convient d'insister. Le 29 juin, l'analyse donne pour le sel contenu dans la dissolution 0^{gr},904 de sel marin, et le 6 juillet 0^{gr},915; c'est-à-dire qu'on en a trouvé plus dans le second essai que dans le premier, comme si les plantes avaient abandonné une partie du sel qu'elles avaient d'abord absorbé, comme s'il y avait eu un véritable phénomène d'excrétion.

Si cette observation était la seule qui nous montrât ce phénomène, nous n'oserions pas y insister, nous croirions à une petite irrégularité d'expérience grossie par le calcul; mais nous avons eu occasion d'observer plusieurs fois des faits analogues, soit pour le chlorure de sodium, soit pour le chlorure de potassium.

Pourrait-on tirer de ces expériences une opinion favorable à l'idée souvent émise d'une sécrétion régulière par les racines? Nous ne le pensons pas; en effet, nous avons indiqué qu'au moment où l'expérience précédente a été terminée, deux des haricots étaient malades, les feuilles commençaient à se flétrir, à se dessécher : de là peut-être un reflux vers le liquide des matières dissoutes.

Enfin, nous rapporterons encore une dernière expérience comparative entre des haricots plongés dans des dissolutions étendues de chlorure de potassium et de chlorure de sodium; en moyenne, les

premiers n'ont vécu que dix-neuf jours, tandis que les seconds ont persisté pendant trente-sept jours.

L'un des haricots enracinés dans la dissolution de chlorure de potassium a évaporé 113^{cc} et a consommé 0^{gr},054 de chlorure; l'autre a évaporé 129^{cc} et a consommé 0^{gr},038 de chlorure. Un de ceux qui a vécu le plus longtemps dans le sel marin a évaporé 166^{cc} et a consommé 0^{gr},040 de sel marin.

Il est donc bien évident, d'après les essais précédents, que le chlorure de sodium peut pénétrer dans les haricots; toutefois, comme cette conclusion repose sur un dosage de chlore, une objection se présente naturellement à l'esprit : on se demande si le chlorure de sodium était absolument pur et si on pouvait être certain que le chlorure manquant dans la dissolution ne fût pas du chlorure de potassium.

Nous avons vu plus haut que le chlorure avait été étudié à ce point de vue et que la quantité de chlorure de potassium était très-faible; c'était à peine si, au milieu de la masse d'aiguilles dorées de chloroplatinate de sodium obtenues par l'évaporation, on pouvait distinguer un ou deux octaèdres de chloroplatinate de potassium.

Les quantités de chlore disparu des dissolutions sont trop fortes, au reste, pour être attribuées à ces faibles proportions de chlorure de potassium disséminées dans le sel marin; mais on pourrait objecter encore que le chlorure pris est du chlorure de calcium dont la base aurait été arrachée au verre dans lequel séjournait la dissolution. Pour lever tous les doutes, nous avons voulu rechercher directement le sel marin dans les cendres des plantes qui avaient vécu dans les dissolutions de chlorure de sodium.

La tige et les racines ont été calcinées séparément; les cendres des tiges traitées par l'eau, débarrassées par la baryte de la magnésie et de la chaux, puis de la baryte par du carbonate d'ammoniaque, ont été évaporées à sec, traitées par l'acide chlorhydrique et le chlorure de platine, enfin évaporées sur un verre de montre, et on y a reconnu sans difficulté le chloroplatinate de sodium.

Les réactifs employés, soumis au même traitement, n'ont pas fourni de soude.

Ainsi les haricots qui se sont développés dans de l'eau chargée de sel en prennent de petites quantités qui paraissent même n'avoir sur eux qu'une influence peu fâcheuse.

Expérience n° 3. — Pendant l'hiver de 1877-78, on a entrepris

une nouvelle série de culture de haricots dans l'eau additionnée de divers chlorures; les dissolutions ont pu renfermer jusqu'à 3 gr. par litre de matières salines sans que les plantes en aient souffert.

Quelques haricots ont été placés dans des dissolutions de sel marin pur; après six semaines de végétation dans les serres du Muséum, les plantes étant en très-bon état (1), on a procédé à la calcination et à la recherche du chlorure de sodium dans les cendres : on a obtenu les belles aiguilles de chloroplatinate de sodium sans difficultés.

Mais il n'en a plus été ainsi dans les cendres des haricots qui ont végété dans des dissolutions renfermant à la fois du chlorure de sodium et du chlorure de potassium. Dans celles des plantes qui avaient leurs racines plongées dans des dissolutions de chlorure de calcium et de chlorure de sodium, il a été impossible de voir le chloroplatinate de sodium dans les cendres. Ainsi, s'il est facile de constater la présence du sodium quand ce sel est présenté seul aux racines, son assimilation ne se produit plus aussi aisément quand il est mêlé à d'autres matières.

Pendant le printemps de 1878, on a procédé à une nouvelle série d'essais.

Expérience n° 4. — Des haricots en très-bon état ont été enracinés dans de l'eau contenant par litre 1 gramme de sel marin, 1 gramme d'azotate de potasse, 1 gramme d'azotate de chaux; après cinq jours on brûle un haricot, les cendres sont traitées comme il a été dit plus haut, on ne peut constater la présence du chloroplatinate de sodium; cependant la coloration de la flamme en jaune annonce qu'il est entré de très-faibles quantités de sel marin, insuffisantes pour donner des cristaux reconnaissables même au microscope.

Expérience n° 5. — Des haricots également très-vigoureux sont enracinés dans une dissolution renfermant par litre 4 grammes de chlorure de sodium, 1 gramme d'azotate de chaux, 1 gramme d'azotate de potasse; ils supportent très-bien cette dissolution; après quelques jours, ils sont brûlés, on aperçoit distinctement les aiguilles de chloroplatinate de sodium, mais elles n'y sont qu'en faible quantité.

Expérience n° 6. — Cette expérience était de nature à faire voir

(1) On remettait de l'eau dans les vases à mesure qu'elle disparaissait par évaporation, de façon à ne pas laisser les dissolutions acquérir une trop grande concentration.

que la présence de plusieurs sels n'était pas un obstacle absolu à l'assimilation du sel marin par les haricots; et que, bien qu'il soit moins facile de constater sa présence dans les cendres quand la dissolution est complexe que lorsqu'elle ne renferme que du sodium, il suffit cependant que ce sel soit en quantité suffisante dans la dissolution pour qu'il soit absorbé.

Pour bien s'assurer qu'il en était ainsi, on a soumis huit haricots à l'action des dissolutions suivantes : deux reçoivent 10 grammes de sel par litre dans l'eau distillée; deux reçoivent 5 grammes de sel marin par litre dans l'eau distillée; deux reçoivent 10 grammes de sel par litre, dissous dans l'eau ordinaire, et deux enfin sont enracinés dans une dissolution à 5 grammes par litre dans l'eau ordinaire chargée, par conséquent, d'une certaine quantité de chaux.

Les quatre haricots placés dans l'eau distillée salée sont morts en quarante-huit heures, on a trouvé le sel dans leurs cendres; les haricots placés dans l'eau ordinaire ont résisté quelques heures de plus, ils sont morts cependant et on a encore trouvé du sel dans leurs cendres.

Expérience n° 7. — L'expérience 6 prouve donc que la présence d'une matière dissoute autre que le sel marin n'oppose pas un obstacle absolu à l'absorption de ce sel, mais la différence d'action souvent constatée des dissolutions dans l'eau ordinaire et dans l'eau distillée chargée de sel montre bien que le sel est assimilé plus facilement quand il est isolé; pour le démontrer encore plus complétement, on a placé deux haricots dans une dissolution renfermant 4 grammes par litre de sel marin, c'est-à-dire précisément la même quantité que celles qu'ont reçue les plantes de l'expérience 4. Or, tandis que les haricots enracinés dans l'eau qui renfermait 4 grammes de sel marin, 1 gramme de salpêtre et 1 gramme d'azotate de chaux, vivent encore après vingt jours de ce régime, les haricots placés dans la dissolution où se trouvaient les 4 grammes de sel marin sans aucun mélange sont morts après cinq jours. Ainsi une dissolution de sel marin pur à 4 millièmes est rapidement mortelle, tandis que cette même dissolution additionnée d'autres sels qui sont pris de préférence par la plante est loin d'être aussi toxique.

De tous les essais précédents on peut conclure que, bien que le haricot soit une des plantes qui ne renferment pas habituellement de soude dans ses cendres, il est possible de la faire pénétrer

dans ses tissus : la condition est de la mettre seule dans l'eau où plongent les racines, ou, si cette eau est chargée de plusieurs sels, d'introduire dans cette dissolution le sel marin en quantité notable, de façon qu'elle renferme de 1 gramme à 0gr,5 de sel par 100 centimètres cubes.

Ces expériences ayant toujours eu lieu à l'aide des plantes enracinées dans l'eau, on pourrait peut-être supposer qu'elles présentent quelque chose de particulier et qu'on n'aurait pas eu de résultats semblables si on avait opéré sur des plantes vivant dans la terre, dans des conditions plus normales. Elles devaient donc être complétées par de nouveaux essais.

IV

Expériences exécutées sur des haricots enracinés dans le sable ou dans la terre.

Expérience n° 8. — Le 1er juillet 1878, on verse dans un pot à fleurs renfermant du sable dans lequel se sont développés des haricots qui atteignent environ soixante centimètres, une dissolution de 10 grammes de sel marin dans 100cc.

Le lendemain, les haricots sont évidemment malades. On en prélève un pied dans chaque pot, on le brûle et on recherche la soude dans les cendres après le traitement décrit plus haut; le chloroplatinate de sodium se montre dans les deux cas avec la plus grande netteté.

Ainsi les haricots prennent du chlorure de sodium, qu'ils soient enracinés dans l'eau ou que leurs racines s'enfoncent dans la terre, et il n'est même pas difficile de concevoir comment on a obtenu souvent d'autres résultats.

Expérience n° 9. — En même temps qu'on versait la dissolution de sel marin dans les deux pots à fleurs, où elle exerçait sur les haricots une action si funeste, on faisait couler 200cc de la même dissolution de sel marin sur un pied de haricots placé en pleine terre dans une des plates-bandes du jardin. Le lendemain deux feuilles du bas paraissent un peu jaunes, on les enlève, on y recherche la soude, mais sans succès. Le haricot n'est, au reste, nullement atteint par la quantité considérable de sel qu'on a versée au pied; il continue à se développer normalement, comme ses voisins; on

l'examine tous les jours, il ne présente aucune apparence de maladie.

Ainsi la dose de sel marin qui a été mortelle pour les haricots placés dans les pots n'a exercé aucune action fâcheuse sur un haricot placé en pleine terre, et il est facile de concevoir que dans le premier cas la dose de sel, maintenue dans une quantité de terre limitée, s'est trouvée suffisante pour que la plante fût forcée d'en absorber une certaine quantité, tandis qu'en pleine terre les 20 grammes contenus dans la dissolution, dilués au milieu d'un cube de terre considérable, ne se sont plus trouvés en proportion assez forte pour pénétrer dans la plante en quantité suffisante pour être caractérisée par le mode de recherche employé.

On trouve dans cette expérience l'explication du fait constaté en 1868 à l'École de Grignon. On se rappelle que des pommes de terre placées en pleine terre ont été arrosées avec différents sels de soude, et qu'à l'analyse on n'a pu constater dans leurs cendres la présence de cette base, tandis qu'au contraire une pomme de terre placée dans un pot de fleur et arrosée avec des sels de soude s'est chargée d'une quantité de cette base suffisante pour qu'on pût obtenir les cristaux de chloroplatinate de sodium.

Nous concevons encore comment le haricot tué en 1874 par les arrosages au sel marin plusieurs fois répétés, ne renfermait pas de soude; il s'est certainement formé dans le sol par double échange des chlorures de potassium et de calcium dont l'action a fini par être délétère, mais jamais le sel marin ne s'est trouvé dans le sol en quantité suffisante pour pénétrer dans la plante.

V

Faibles quantités de sel marin contenues dans la terre arable. Explication de l'absence de soude dans les végétaux terrestres.

En nous appuyant sur les expériences précédentes, il va nous être facile de concevoir comment les plantes terrestres ne renferment pas habituellement une proportion de soude suffisante pour qu'on puisse la reconnaître par les méthodes que nous avons employées, M. Péligot et moi; méthodes qui sont excellentes pour reconnaître la soude quand elle est en quantité sensible, mais qui ne sont pas assez délicates pour en déceler des proportions extrêmement faibles.

Nous avons vu que si l'on reconnaît très-bien le sel marin dans un haricot qui est enraciné dans de l'eau distillée renfermant un pour mille de ce sel, on ne le retrouve pas dans les cendres d'un haricot qui renferme cette dose de sel quand celui-ci est mélangé avec plusieurs autres matières solubles, telles que les sels de potasse ou de chaux.

Or le sel marin ne se rencontre pas habituellement dans le sol en proportion telle qu'il y atteigne même cette dose de un pour mille, qui, nous venons de le reconnaître, est déjà insuffisante.

M. Schlœsing a donné, il y a déjà plusieurs années, la composition de l'eau contenue dans la terre arable; il a notamment dosé la soude, et la quantité la plus forte qu'il ait trouvée est de $0^{gr},0425$ par litre; si nous calculons la quantité de sel marin correspondante, nous trouvons qu'elle est seulement de $0^{gr},0769$ par litre; or nous venons de voir que 1^{gr} par litre dans une dissolution complexe, est une quantité insuffisante pour que la plante s'en empare.

Il n'est donc pas extraordinaire qu'on ne trouve pas de soude dans les végétaux qui se développent dans des sols semblables à ceux que M. Schlœsing a étudiés, et nous rappellerons de nouveau que nous avons pris, parmi les analyses données par ce chimiste distingué, le nombre le plus fort; puisque la proportion de cette base contenue dans l'eau qui abreuve leurs racines est très-faible, on conçoit qu'elle ne soit pas absorbée; mais en serait-il encore de même quand on emploie comme engrais les sels de soude et notamment l'azotate, dont les agriculteurs font aujourd'hui un si fréquent usage?

Il est bien facile de voir que, dans ce cas encore, ce sel n'existe dans le sol qu'en proportions extrêmement restreintes; on sait, en effet, que les azotates ne sont pas retenus par la terre arable comme les sels ammoniacaux, on les rencontre dans toutes les eaux de drainage qui s'écoulent des sols bien fumés.

Nous pouvons donc admettre que ce sel jeté à la surface du champ se répartit bientôt dans toute la couche arable; donnons à celle-ci une épaisseur de $0^{m},50$, nous aurons par hectare 5 000 mètres cubes qui pèseront 5 500 tonnes (la terre du champ d'expériences de Grignon pèse 1 100 gr. par litre); supposons que cette terre soit à son maximum de sécheresse, qu'elle ne renferme que 10 p. 100 d'eau, nous aurons donc 550 tonnes d'eau par hectare, dans lesquelles vont se diffuser les 400 ou 500 kilos donnés comme fumure. On voit qu'on aura au maximum $\frac{500}{550} = 0^{k},9$ d'azotate de soude par mètre cube,

c'est-à-dire encore une quantité plus faible que celle qui est nécessaire pour pénétrer dans une plante qui ne recherche pas cette base, quand l'eau est chargée de plusieurs sels différents.

Il faut bien remarquer, en outre, que pour arriver à ce chiffre de $0^k,9$ par mètre cube, nous avons admis que tout le sel donné comme engrais passait dans l'eau qui séjourne dans la terre arable; mais en réalité il n'en est pas ainsi, il se fait toujours un partage entre l'eau et la terre, et par suite, la proportion de soude que renferme l'eau se trouve encore diminuée.

C'est ce dont on se convaincra aisément en jetant une dissolution de sel marin présentant une certaine concentration, sur une terre arable; en employant, par exemple, une dissolution de sel marin à 20 gr. par litre sur des terres de diverses provenances, nous avons toujours reconnu que la dissolution filtrée au travers du sol se trouvait appauvrie : on conçoit donc que le sel n'existe habituellement dans la terre que dans des proportions telles qu'il ne puisse pas pénétrer dans la plante; mais s'il s'y rencontre en quantité plus considérable, la culture devient impossible, soit parce que le sel marin lui-même pénètre dans les plantes et les fait périr, soit parce qu'il provoque la formation d'autres chlorures assimilables qui peuvent exercer à leur tour une influence funeste.

Quand on jette sur la terre arable une dissolution de sel marin et qu'on examine la composition de la liqueur qui l'a traversée, on trouve qu'elle s'est appauvrie en sel marin, mais qu'elle s'est enrichie au contraire en chaux et en acide sulfurique; le chlorure de sodium a réagi sur le plâtre que renferment les terres des environs de Paris, il s'est produit du chlorure de calcium en même temps que du sulfate de soude; cas particulier de cette règle générale que deux sels mis en contact échangent toujours leurs bases et leurs acides dans des proportions qui varient avec les propriétés physiques des matières réagissantes.

Or les plantes ne supportent pas plus le chlorure de calcium en dissolution un peu concentrée que le sel marin, et on conçoit que le sel marin versé sur une terre arable puisse amener la mort des plantes qui s'y développaient, sans que cependant on trouve de la soude dans leurs tissus.

C'est là ce que nous avons observé dans une des expériences citées plus haut.

Nous pouvons donc conclure de cette première série d'essais que

si la soude ne se rencontre pas habituellement dans les cendres des végétaux, c'est simplement parce que la terre arable n'en renferme d'ordinaire que de très-faibles quantités.

VI

Sur l'influence des matières salines et particulièrement du sel marin sur la végétation des haricots.

Nous avons vu dans le récit des expériences précédentes que le sel marin employé seul pénétrait dans les haricots beaucoup plus facilement que lorsqu'il était présenté à leurs racines dans une dissolution complexe. A quelle cause faut-il attribuer cette action particulière?

Pour la reconnaître je rappellerai d'abord des expériences qui paraissent au premier examen un peu en dehors du sujet que nous traitons, mais qui nous ont conduit cependant à la solution de la question que nous voulions résoudre.

Nous avons inséré dans les *Annales agronomiques*, tome I[er], page 470, la traduction d'un mémoire de M. Boehm, relatif à l'influence des sels de chaux sur la végétation; nous avons répété à diverses reprises, au laboratoire de culture, les expériences de l'éminent physiologiste de Vienne, et nous résumerons ici les résultats auxquels nous ont conduit ces nouveaux essais.

Quand une graine germe, les matériaux contenus dans les cotylédons se métamorphosent, se dissolvent, émigrent jusqu'au point où l'activité vitale les utilise à la formation de nouveaux organes, et si la graine est volumineuse, la plante peut vivre plusieurs semaines aux dépens des principes immédiats accumulés dans son albumen.

M. Boehm a observé ce fait très-curieux que si les cotylédons du haricot se vident très-bien quand la germination a lieu dans l'eau ordinaire, il n'en est plus ainsi dans l'eau distillée; les cotylédons restent gonflés, turgescents, et la plante petite et chétive qui en sort périt rapidement.

De la germination des haricots dans l'eau distillée. — Nous avons répété cette curieuse expérience de M. Boehm, et nous transcrivons ci-joint les observations consignées sur notre registre

de laboratoire, qui concordent avec les résultats annoncés par M. Boehm, bien que nous n'ayons pas opéré comme lui sur des plantes étiolées.

Le 24 avril, on place dans des flacons renfermant de l'eau distillée des haricots germés; ils sont en très-bon état, les radicelles bien développées passent facilement au travers des bouchons percés qui supportent la graine : les flacons sont disposés sous une bâche dans le jardin du laboratoire.

Observation du 17 *mai* (*A*). — Feuilles primordiales et monophylles flétries; axe hypocotylé renflé, charnu, deux petits rameaux à l'aisselle, partie supérieure de l'axe flétrie, cotylédons charnus verts, gonflés, non ridés.

B. — Pas de feuilles primordiales, axe hypocotylé desséché au sommet, très-renflé à la base, deux petits rameaux à l'aisselle de l'axe, cotylédons pleins commençant à brunir.

C, *D*, *E*, *F*. — Mêmes observations.

16 *juin*. — Sur vingt autres haricots disposés dans l'eau distillée avec les précédents, dix sont morts, dix sont encore vivants; en général, les cotylédons sont pourris, les plantes sont très-petites, rabougries, les racines sont très-irrégulières, parfois abondantes et très-longues, parfois, au contraire, plus fortes mais courtes.

C a conservé ses cotylédons, la tige principale est flétrie, un des bourgeons développé à l'aisselle de la tige se développe légèrement.

8 *juillet*. — Sur les vingt-six haricots mis en expérience dans l'eau distillée, sept sont encore vivants. *C* a encore ses cotylédons, sa tige est très-courte.

Toutes les plantes encore vivantes sont remarquables par l'excessive longueur des racines, qui atteignent de 60 à 80 centimètres de long; elles remplissent les flacons, les tiges sont très-courtes et l'axe hypocotylé très-renflé, très-charnu.

On met fin à l'expérience.

Voici, d'autre part, une autre série d'observations parallèles à la précédente, mais dans laquelle les racines des haricots plongent dans l'eau ordinaire.

De la végétation des haricots dans l'eau ordinaire. — Les haricots avaient été disposés dans l'eau ordinaire le 24 avril; voici les observations du 17 mai.

A'. — Très-bon état, cotylédons disparus, chevelu très-abondant,

feuilles primordiales très-développées, les feuilles triphylles commencent à paraître.

B'. — Très-allongé, cotylédons flétris, beaucoup de chevelu, belles feuilles primordiales.

C', *D'*, *E'*, *F'* présentent des caractères analogues, toujours les cotylédons sont flétris, ridés, la plante est très-allongée, mais elle a évidemment épuisé la réserve contenue dans les cotylédons; il n'y a nulle trace de ce renflement de l'axe si remarquable dans les plantes précédentes.

16 *juin*. — *D'* s'est beaucoup allongé; il pèse 17 grammes; il a encore ses feuilles primordiales.

G', très-allongé, une des feuilles primordiales commence à se flétrir.

F', 13 grammes; plus de feuilles primordiales, beaucoup de feuilles triphylles.

Ainsi nous sommes complétement d'accord avec M. Boehm sur ce premier point : dans l'eau distillée, les haricots ne peuvent pas utiliser la réserve contenue dans les cotylédons; ceux-ci persistent, la plante vit, elle forme de nouveaux organes pour remplacer ceux qui périssent, mais il lui est impossible de s'allonger et, après quelque temps, elle finit par périr.

Ajoutons que les faits précédents ne nous paraissent pas particuliers aux haricots; les lentilles ont fourni des résultats analogues : celles qui vivaient, les racines plongées dans l'eau distillée, ont été très en retard sur celles qui trouvaient des sels dans l'eau d'alimentation.

Végétation des haricots dans diverses dissolutions. — M. Boehm a conclu de ses expériences que la chaux était nécessaire au transport des aliments contenus dans les cotylédons jusqu'aux organes en formation, et il explique l'effet avantageux qu'exerce l'eau de fontaine sur l'utilisation des principes immédiats contenus dans les cotylédons par la présence de la chaux qu'elle renferme.

Il ne semble pas douteux, d'après les observations de M. Boehm, et d'après celle que nous venons de rapporter, que les haricots peuvent vider leurs cotylédons quand leurs racines plongent dans une eau calcaire; mais n'en serait-il pas de même si, au lieu de sels de chaux, les racines trouvaient dans l'eau d'autres matières en dissolution? C'est pour nous en assurer que nous avons disposé les expériences suivantes :

Le 8 juillet, on dispose deux haricots (1 et 2) dans une dissolution à 1 gramme par litre d'azotate de soude.

Deux autres (3 et 4), dans une dissolution à 1 gramme par litre d'acétate de soude.

Deux autres (5 et 6), dans une dissolution à 1 gramme par litre de chlorure de sodium.

Deux autres (7 et 8), dans une dissolution d'oxalate de potasse.

Deux autres (9 et 10), dans une dissolution de chlorure de strontium.

Deux autres (11 et 12), dans une dissolution d'azotate de strontiane.

Les flacons ont été placés dans le jardin, sous une bâche entr'ouverte et protégés contre les rayons de soleil par des toiles.

Les sels de soude ont été employés parce qu'on savait, d'après les expériences de M. Péligot, qu'ils ne sont pas des aliments pour les haricots; ils convenaient donc particulièrement pour décider la question en litige, à savoir : la chaux est-elle nécessaire parce que les jeunes organes ne peuvent se constituer sans elle, ou bien un sel quelconque suffit-il pour favoriser le mouvement de diffusion qui entraîne les principes immédiats contenus dans les cotylédons?

On a placé 7 et 8 dans une dissolution d'oxalate de potasse pour se mettre à l'abri d'une objection qui aurait pu se présenter à l'esprit : on aurait pu croire que les sels précédents n'ont eu aucune action, et que si les haricots ont vécu dans ces dissolutions mieux que dans l'eau distillée, c'est tout simplement parce qu'ils ont arraché au verre des flacons la petite quantité de chaux nécessaire à la migration de la réserve de l'albumen. Cette objection ne peut évidemment porter sur les expériences 7 et 8, puisque dans le cas où un peu de chaux se trouverait en dissolution dans l'eau, elle serait précipitée par l'oxalate employé.

Enfin, on a fait deux expériences à l'aide des sels de strontiane, pour vérifier une observation précédente, d'où on avait conclu que la strontiane semblait pouvoir pénétrer dans les haricots; on avait ajouté, en effet, une dissolution très-faible d'un sel de strontiane à une plante maladive développée dans l'eau distillée, et on avait reconnu qu'elle avait vécu et avait même paru se développer mieux que dans l'eau distillée, on a voulu vérifier cette première observation par celles qui ont porté sur les haricots 9, 10, 11 et 12.

Haricots 1 *et* 2 (*azotate de soude*). 13 juillet. 1 a sa tige

principale flétrie, des bourgeons repartent des aisselles des cotylédons.

2 est très-vigoureux.

24 juillet. — (1). Un des bourgeons de l'aisselle se développe, l'autre est flétri, bonnes racines.

(2). Très-vigoureux, *cotylédons vidés*. Il a 30 centimètres de long, il pèse 9 grammes.

8 *août.* — (1). Cotylédon vidé, le rameau très-développé ; il pèse 6 grammes.

(2). Très-allongé, feuilles primordiales flétries ; il ne pèse plus que 7 grammes.

9 *août.* — 1 et 2, desséchés à l'étuve, pèsent ensemble 1gr,620.

Un haricot sec pesant en moyenne 1gr,20, on voit qu'il n'y a pas eu d'assimilation, ou au moins que l'assimilation n'a pas été suffisante pour que le poids de la plante dépassât la semence ; mais le point important est que la réserve des cotylédons ait été employée.

Haricots 3 *et* 4 (*acétate de soude*). 13 juillet. — (3). Mort. (4). En très-mauvais état.

8 *août.* — (4) très-faible, tige primordiale flétrie, cotylédons moisis, il pèse à l'état normal 3 grammes.

Haricots 5 *et* 6 (*sel marin*). 13 juillet. — (5). Grand, feuilles recoquevillées.

(6). Petit, feuilles recoquevillées.

24 *juillet.* — (5). Très-bon, feuilles primordiales ratatinées, mais les autres en bon état, *a complétement vidé ses cotylédons*.

(6). Très-bon, n'a pas encore complétement vidé ses cotylédons.

8 *août.* — (5). Une feuille primordiale tombée, il pèse 6 grammes à l'état normal ; l'autre, (6), 4 grammes. Secs, ils pèsent ensemble 1gr,350.

Expériences 7 *et* 8 (*oxalate de potasse*). 13 juillet. — (7). Très-malade, chétif.

(8). Très-bon, feuilles plus larges que celles de 2.

24 juillet. — (7). Mourant, cotylédons non vidés.

(8). Très-bonne tige, bien garnie de feuilles, *cotylédons épuisés*, une feuille primordiale flétrie.

8 *août.* — (7). Feuilles flétries, cotylédons moisis, 3 grammes.

(8). Feuilles flétries, malade. Poids, 4gr,5. Secs, ils pèsent ensemble 0gr,850.

Expériences 9 *et* 10 (*chlorure de strontium*). 13 juillet. —(9) Est très-bon, aussi bon que 2; 10 est plus petit, mais assez vigoureux.

24 *juillet*. — (9). Deux très-bonnes feuilles, la tige commence à se garnir, un cotylédon vidé.

(10). Petit, bourgeon terminal très-court, un cotylédon pourri, l'autre commence à se pourrir.

8 *août*. — (9). Un cotylédon vidé, tige primordiale bien développée, ainsi que deux feuilles primordiales, mais il a fait peu de progrès depuis la dernière observation; il pèse 6 grammes.

(10). Très-allongé, il pèse 2 grammes.

Ensemble ces deux haricots, après dessiccation, pèsent 1gr,200.

Expériences 11 *et* 12 (*azotate de strontiane*). 13 juillet. — (11). Bien vivant, très-grand.

(12). Petit, feuilles recoquevillées.

24 *juillet*. — (11). *Cotylédons vidés*, feuilles primordiales ratatinées, assez grand, sept feuilles bien développées.

(12). Très-petit, cotylédons pourris, racines très-mauvaises, deux feuilles primordiales en assez bon état.

8 *août*. —(11). Très-bon, *cotylédons complétement vidés*, feuilles en bon état; il pèse 8 grammes.

(12). Très-faible, très-petites racines, feuilles primordiales flétries; il pèse 1 gramme.

Après dessiccation, 11 pèse 1gr,100. 12 pèse 0gr,180.

Nous rappellerons, avant d'aller plus loin, que les haricots s'accommodent très-mal de l'alimentation à l'aide de dissolutions salines; un grand nombre d'expériences, exécutées au laboratoire de culture, avec les produits qui nous paraissaient devoir réussir davantage, n'ont conduit qu'à des résultats très-médiocres : les plantes ont vécu, quelques-unes ont fleuri, mais aucune n'a donné de graines.

Une expérience, faite parallèlement avec les précédentes, et dans laquelle on avait placé dans l'eau *ordinaire* de l'azotate de potasse, du chlorure de potassium et du phosphate de chaux, a fourni une plante de 17 grammes qui, après dessiccation, a pesé 1gr,04, c'est-à-dire moins que la graine primitive.

Quoi qu'il en soit, il semble que si les sels de chaux favorisent la migration des principes immédiats contenus dans les cotylédons, des dissolutions renfermant des sels de soude ou même de strontiane, peuvent exercer une action semblable.

On a vu qu'un des haricots qui avaient ses racines dans l'azotate de strontiane s'est bien développé ; il en a été de même pour celui qui vivait dans le chlorure de strontium. La strontiane peut-elle donc pénétrer dans les végétaux?

Pour la reconnaître, nous avons brûlé les plantes qui avaient vécu dans ces dissolutions, en ayant soin de séparer d'abord les racines qui auraient pu renfermer de la strontiane interposée mécaniquement, on a traité les cendres par quelques gouttes d'acide chlorhydrique, on les a examinées au spectroscope, et on a reconnu sans hésitation les raies caractéristisques du strontium.

Quant aux sels de soude, leur action mérite une attention spéciale.

Avant de la discuter, nous résumerons, par les conclusions suivantes, les expériences décrites dans ce paragraphe.

1° Ainsi que l'a vu M. Boehm, les haricots ne vident pas leurs cotylédons dans l'eau distillée ;

2° Ils se développent facilement, au contraire, dans l'eau ordinaire renfermant de la chaux, et cette seconde conclusion est d'accord également avec les observations de M. Boehm ;

3° Mais les haricots vident leurs cotylédons dans de l'eau distillée tenant en dissolution des sels de soude ou de strontiane, ce qui montre que la chaux n'est pas indispensable pour déterminer la migration des principes immédiats contenus dans les cotylédons.

J'insisterai sur ce dernier fait qui est d'une grande importance pour élucider la question traitée; j'ai remarqué un grand nombre de fois pendant la durée du dernier été, que la présence du sel marin dans l'eau qui baignait les racines avait une influence très-marquée sur l'utilisation des matériaux accumulés dans les cotylédons; tandis qu'un haricot enraciné dans l'eau distillée conserve ses cotylédons gonflés et turgescents pendant fort longtemps, il suffit d'enraciner la plante pendant quelques jours dans l'eau renfermant de petites quantités de sel marin pour que les cotylédons se vident complétement.

Il semble, au reste, ainsi qu'il a été dit, qu'un sel quelconque exerce une action analogue à celle du sel marin ; cette action qu'exerce la présence d'un sel sur la migration des principes immédiats contenus dans les cotylédons du haricot est très-curieuse ; elle exige, pour être élucidée, de nouvelles études que nous comptons entreprendre l'hiver prochain ; en ce moment, il nous est impossible de

risquer la moindre hypothèse sur la cause qui empêche la migration des principes immédiats quand les haricots ne reçoivent que de l'eau distillée.

VII

Sur les quantités de chlore qui peuvent se rencontrer dans les cendres du haricot.

Il faut donc admettre que la composition des cendres d'une plante ne présente pas une fixité absolue, et que, dans une certaine mesure, cette composition est influencée par la nature du milieu dans lequel s'enfoncent les racines.

Nous avons des preuves nombreuses de ces variations; nous rappellerons notamment que M. von Höhnel est arrivé à faire fructifier le *lithospermum arvense*, qui présente habituellement des fruits couverts de silice, dans des dissolutions d'où la silice avait été complétement bannie.

Nos analyses de cendres de haricots nous donnent de nouveaux exemples de cette variation ; nous avons constaté, en effet, pour 100 de cendres, les quantités de chlore suivantes :

Haricot développé dans de l'eau ordinaire, sans aucune addition.

Chlore, pour 100 de cendres.......................... 0,37

Haricot développé dans de l'eau distillée renfermant 2 grammes par litre de chlorure de potassium.

Chlore, pour 100 de cendres.......................... 20,4

Haricot développé dans de l'eau distillée renfermant 4 grammes par litre de chlorure de sodium.

Chlore, pour 100 de cendres.......................... 17,6

Haricot développé dans de l'eau distillée renfermant par litre 4 grammes de chlorure de sodium, 1 gramme d'azotate de chaux, 1 gramme d'azotate de potasse.

Chlore, pour 100 de cendres.......................... 19,4

Haricot enraciné dans une bonne terre de jardin, mais arrosé avec du chlorure de calcium.

Chlore dans 100 de cendres............................ 14.3

Haricot en pot enraciné dans une bonne terre de jardin, mais arrosé avec du sel marin.

Chlore dans 100 de cendres............................	11.3

Haricot en pleine terre, bonne terre de jardin, arrosé à l'eau ordinaire.

Chlore dans 100 de cendres............................	0.53
id. id.	0.49

Ainsi les cendres ne présentent pas une composition constante, et on conçoit que, dans une certaine mesure, une matière puisse être remplacée par une autre.

Je n'ai jamais pu voir des haricots vivre longtemps dans de l'eau distillée qui ne renfermait que du sel marin ; ils y ont toujours péri, ce qui montre bien que le sel marin ne saurait remplacer les sels de chaux ou de potasse à l'aide desquels la plante soutient sa vie pendant plusieurs mois; mais, dans le jeune âge, la plante trouve dans ses cotylédons les aliments nécessaires à son premier développement, à la condition que ces éléments puissent émigrer d'un point de la plante à l'autre, et c'est à favoriser cette migration que le sel marin paraît être employé.

VIII

De l'état dans lequel se trouve la soude dans les végétaux.

Les expériences résumées dans les paragraphes précédents font voir que les chlorures, même le chlorure de sodium, peuvent constituer une fraction importante des cendres des plantes; elles font voir de plus qu'en l'absence de tout autre sel, le chlorure de sodium exerce une action favorable sur la germination ; j'ai essayé de tirer de cette dernière observation l'explication de l'absorption facile du sel marin par un haricot en germination, quand ce sel est présenté seul aux racines de la jeune plante. Dans mon premier mémoire sur l'assimilation des substances minérales par les végétaux, j'ai fait voir que celles-ci pouvaient se rencontrer dans les tissus des plantes à divers états différents; non-seulement on rencontre des bases engagées dans des combinaisons régulières avec

les acides végétaux, mais on trouve encore des sels amenés à l'état insoluble dans les tissus des plantes, par suite de réactions analogues, sans doute, à celles que nous offre l'art du teinturier: quand nous voyons l'iodure de potassium, sel extrêmement soluble dans l'eau, rester uni aux tissus des fucus, tellement que des lavages multipliés à l'eau bouillante sont insuffisants pour l'enlever, et que c'est seulement quand la plante a été détruite par la calcination qu'on peut l'extraire, nous pouvons affirmer qu'il est engagé dans une combinaison très-stable, analogue à celle que contracte l'alun, par exemple, avec les fibres végétales qui constituent les étoffes qu'il sert à mordancer.

Le sel marin est-il capable de former une combinaison analogue? Aucune des plantes que nous avons étudiées ne nous l'a montré; il suffit, au contraire, de couper une plante qui a végété dans de l'eau chargée de sel marin, puis de faire bouillir les fragments avec de l'eau pour entraîner tous les chlorures qui y étaient contenus; mais si on peut affirmer qu'une matière est combinée avec les tissus végétaux, quand elle présente une insolubilité qu'elle ne possède pas d'ordinaire, on ne saurait affirmer, quand cette insolubilité n'existe pas, que la matière minérale n'a contracté aucune adhérence avec la fibre végétale; car si cette combinaison est peu stable, l'action de l'eau peut suffire à la détruire.

J'ai reconnu, en effet, que des plantes qui prennent habituellement du chlorure de sodium, qui restent très-chétives quand elles en sont privées, et qui prospèrent quand elles en trouvent dans le sol des quantités notables, tels que les *solsolas*, ne retiennent pas ce sel assez énergiquement pour qu'une ébullition prolongée avec l'eau ne les en prive complétement.

En faisant bouillir pendant quelque temps des fragments de *solsola soda* avec de l'eau, j'ai enlevé tout le sel qui y était contenu; quand l'eau de lavage ne s'est plus troublée par le nitrate d'argent, j'ai brûlé la plante; il n'y avait pas de chlorure dans les cendres.

Et cependant le sel est nécessaire au développement normal de cette plante, c'est donc une preuve que la facilité qu'on trouve à enlever par l'eau une matière minérale existant dans les tissus d'une plante ne démontre pas que cette matière minérale n'a contracté aucune combinaison avec ces tissus.

Il fallait donc trouver un autre procédé pour reconnaître si le

chlorure de sodium donné seul à un haricot ne formait pas avec ses tissus une combinaison quelconque.

Quand on met une dissolution saline en contact avec les racines d'une plante, trois cas peuvent se présenter.

1° Le sel entre comme l'eau, c'est-à-dire que la concentration du liquide ne change pas.

2° Le sel entre moins vite que l'eau; dans ce cas, la concentration du liquide va en augmentant; nous avons donné plusieurs exemples de ce dernier cas dans les pages précédentes.

3° Enfin, le sel entre plus vite que l'eau.

Il est clair que si ce dernier cas peut se réaliser, on devra en conclure que le sel forme une combinaison avec les tissus de la plante, puisque la plante l'aura soustrait à l'eau qui l'avait dissous.

Nous avons placé une petite solsola dans 135^{cc} d'eau renfermant une quantité de chlorure de sodium dosant 0^{gr},0175 de chlore; après deux jours la dissolution est réduite à 130^{cc},8 qui ne renferment plus que 0^{gr},0159 de chlore; il a donc disparu 0,0175 — 0,0159 de chlore = 0,0016; mais les 4^{cc},2 évaporés ne renfermaient que 0,00054 de chlore; si le sel eût été pris comme l'eau, la diminution n'eût été que de 0^{gr},0005, tandis qu'elle a été de 0^{gr},0016; le sel a donc cheminé plus vite que l'eau, il y a donc eu combinaison entre les tissus de la plante et le sel.

On a fait une seconde expérience sur la même solsola, mais en prenant une liqueur étendue du double; elle a donné des résultats analogues.

La même expérience réussit enfin sur les haricots. Le 25 juillet, on place quatre haricots en bon état, qui n'ont pas fini de vider leurs cotylédons, dans 400^{cc} d'un liquide qui renferme 0,0255 de chlore à l'état de chlorure de sodium (10^{cc} de cette liqueur exigent, pour être précipités 2^{cc},2 d'une dissolution d'argent qui précipite par 10^{cc} 0^{gr},0029 de chlore).

Le 2 août les haricots sont en bon état, l'axe principal est mort sur trois d'entre eux, mais des rameaux sont repartis de l'aisselle des cotylédons; la liqueur est réduite à 378^{cc}, et il faut seulement 1^{cc},9 de liqueur d'argent pour précipiter 10^{cc}.

Ainsi, bien que le volume du liquide ait diminué, il faut moins de liqueur d'argent pour faire la précipitation qu'au commencement de l'expérience; par conséquent, non-seulement du chlorure de sodium a pénétré, mais il a pénétré plus vite que l'eau.

On trouve, en effet, que les 378^{cc} ne renferment plus que 0^{gr},0213 de chlore au lieu de 0^{gr},0255, il a donc disparu 0^{gr},0042 de chlore; or les 23^{cc} évaporés n'en renfermaient que 0^{gr},0012, la perte est donc près de quatre fois plus forte que celle qui aurait eu lieu si le chlorure avait été pris comme l'eau, si la liqueur avait pénétré dans le haricot sans changement de composition; la pénétration du sel par simple diffusion dans les tissus des haricots ne peut pas expliquer la perte faite par le liquide : en effet, les quatre haricots pesant ensemble environ 25 gr. renfermaient environ 20 gr. d'eau; or la diffusion n'aurait pu y faire pénétrer que $\frac{0^{g},025 \times 20}{400}$ c'est-à-dire environ 0^{gr},001 de chlore, tandis que la liqueur en a perdu 0^{gr},004, le sel a pénétré plus vite que l'eau, il a été soustrait par les tissus à l'eau qui le tenait en dissolution, et nous allons tirer de cette observation une conséquence importante.

IX

Mécanisme de l'assimilation des sels de soude par les végétaux.

En arrivant à la fin de ce mémoire, au moment de montrer que les lois de la diffusion suffisent à faire comprendre comment les sels de soude ne se rencontrent pas habituellement dans les végétaux, mais y pénètrent cependant dans quelques conditions spéciales, il faut rappeler les faits établis dans les paragraphes précédents (1).

1° Quand le sel marin se trouve dans l'eau qui abreuve les racines en proportion notable, il pénètre dans la plante où il est facile de le reconnaître.

2° Quand le sel n'existe dans l'eau qui baigne les racines qu'en faible proportion, mais qu'il est présenté seul à la plante en germination, il pénètre encore en quantité sensible.

(1) Nous rappelons brièvement l'expérience fondamentale insérée dans notre mémoire de 1865. Un vase poreux renfermant de l'eau pure est placé dans une dissolution de sulfate de cuivre, celui-ci pénètre par diffusion au travers de la cloison poreuse, et après quelques jours, la concentration est la même des deux côtés de cette paroi; à ce moment on précipite le sulfate de cuivre intérieur à l'aide de baryte caustique, l'eau intérieure étant privée de ce sel; une nouvelle quantité pénètre par diffusion; elle est précipitée à son tour et bientôt remplacée par un afflux nouveau de sulfate de cuivre : la plus grande partie de ce sel passe ainsi du vase extérieur dans le vase intérieur.

3° Quand le sel n'existe dans l'eau qui baigne les racines qu'en faible proportion et que la dissolution est complexe, il ne pénètre plus en quantité suffisante pour que les procédés décrits plus haut permettent de le caractériser.

Les faits précédents étant démontrés, il va être facile de comprendre leur raison d'être.

Rappelons brièvement d'abord les phénomènes de diffusion sur lesquels nous devons nous appuyer :

A. Une matière dissoute dans un liquide peut cheminer dans ce liquide en dehors de tout mouvement du liquide (les expériences dans lesquelles on nourrit un cristal le démontrent aussi bien que les beaux travaux sur la diffusion de Th. Graham).

B. Une matière dissoute dans un liquide est en équilibre quand elle se trouve en même quantité dans toutes les parties du liquide.

C. Une cloison poreuse n'oppose aucun obstacle à ces mouvements de la matière dissoute dans le liquide.

Ces prémisses étant posées, voyons ce qui arrivera si l'on place dans un vase poreux de l'eau distillée et dans l'eau extérieure une dissolution de sel marin. Il est clair que le sel marin pénétrera par diffusion au travers de la cloison poreuse et que bientôt le liquide présentera des deux côtés de la cloison la même concentration ; et cela quel que soit le degré de concentration de la dissolution extérieure. Si cette dissolution extérieure est très-chargée de sel, la quantité qui pénétrera dans le vase poreux sera considérable ; elle sera faible si la dissolution extérieure est très-étendue. Cependant la quantité de sel pourra devenir plus considérable si, par un artifice quelconque, on précipite le sel dans le vase poreux aussitôt qu'il y aura pénétré, car l'eau intérieure en étant privée, une nouvelle quantité du sel dissout dans l'eau extérieure pénétrera à son tour. Si le sel est ainsi diffusé, précipité de nouveau, le même phénomène se reproduira et la quantité trouvée dans le vase intérieur deviendra notable.

Immergeons les racines d'un haricot dans une dissolution assez concentrée de sel marin ; 5 gr. par litre, par exemple : les lois de la diffusion exigent que le liquide ait la même concentration des deux côtés de la paroi poreuse au travers de laquelle se fait la diffusion ; le tissu de la racine ce comportant comme une paroi poreuse, le sel marin va pénétrer dans la plante, et, comme il faut que le liquide qui gorge les tissus soit aussi concentré que le liquide extérieur, et

que, par hypothèse, celui-ci est très-chargé, il y aura bientôt dans l'intérieur des tissus assez de soude pour qu'il soit facile de la caractériser dans les cendres.

L'explication de la présence de la soude dans les haricots des expériences 1, 2, 6, ne présente donc aucune difficulté.

Efforçons-nous maintenant de comprendre pourquoi le sel marin pénètre plus facilement quand il est seul que lorsqu'il est mélangé avec une autre matière.

Nous rappelons que le sel marin exerce une influence avantageuse sur la végétation du haricot, qu'il favorise la migration des matériaux contenus dans les cotylédons, ce que ne fait pas l'eau distillée, il est donc dans ce cas particulier utilisé par la plante, il doit donc contracter avec ses tissus une sorte d'alliance éphémère qui l'enlève, le soustrait à la dissolution dans laquelle il se trouvait, c'est ce que prouve au reste d'une façon complète le fait constaté § VIII, à savoir que lorsque les dissolutions présentées aux racines sont très-étendues, le sel marin est absorbé par la plante plus vite que l'eau; il faut donc que, lorsqu'il s'y est introduit, il contracte avec les tissus une sorte de combinaison qui l'enlève à la dissolution qui imprègne le végétal; car s'il en était autrement, il ne pourrait pénétrer dans la plante que moins vite que l'eau, puisque la dissolution intérieure serait bientôt, par suite de l'évaporation, plus concentrée que le liquide extérieur; que par suite, l'eau seule entrerait et que la dissolution extérieure se concentrerait, tandis que l'expérience enseigne au contraire qu'elle s'appauvrit.

Nous savons que cette condition, formation d'une combinaison entre la matière minérale et les tissus, suffit pour expliquer l'accumulation, car, aussitôt que le sel marin qui a pénétré par diffusion est soustrait à l'eau qui existe dans la plante, aussitôt qu'il est utilisé d'une façon quelconque et qu'il ne se trouve plus dans cette eau à son état primitif, une nouvelle quantité de sel extérieur doit pénétrer pour remplacer celui qui a été enlevé à la dissolution qui gorge les tissus; si cette nouvelle quantité est utilisée de nouveau, elle sera encore remplacée par le sel marin du vase extérieur et la quantité entrée sera suffisante pour qu'on puisse la reconnaître.

Enfin il nous reste un dernier cas à considérer, c'est le plus fréquent, une dissolution complexe et étendue baigne les racines.

Le sel marin pénètre par diffusion dans la plante, mais par hypo-

thèse la dissolution est très-étendue, la quantité qui pénètre est donc faible, et bientôt la concentration intérieure est égale à la concentration extérieure ; la diffusion s'arrête. Il est entré dans la plante une très-faible quantité de soude, suffisante pour colorer en jaune la flamme du gaz, mais trop faible pour qu'on puisse la caractériser à l'état de sulfate ou de chloroplatinate.

Dans ce cas particulier la soude n'entre pas en combinaison comme précédemment : en effet, la plante trouve dans la dissolution complexe qui baigne ses racines d'autres matières minérales qui exercent sur son développement une action plus favorable ; elle trouve du chlorure de calcium, du chlorure de potassium, des azotates, etc., toutes matières qui peuvent entrer dans sa constitution, tandis que la soude, comme toutes les autres matières non alimentaires, ne peut exercer une action favorable qu'autant que la plante ne rencontre pas dans l'eau qui baigne ses racines une autre base.

C'est ici il faut bien le reconnaître, que nous sommes forcés de nous arrêter dans l'essai que nous faisons d'expliquer par des lois physiques l'absorption élective des substances minérales par les plantes, nous sommes complétement impuissants à concevoir pourquoi la soude ne forme pas habituellement avec les tissus végétaux des combinaisons comme la potasse ou la chaux... nous laissons donc complétement de côté cette question ; nous partons du fait constaté par M. Péligot, à savoir que la soude ne se trouvant pas habituellement dans les plantes, on doit admettre qu'elle ne s'unit pas aux fibres végétales.

CONCLUSIONS

Ce fait étant admis, les expériences consignées dans ce mémoire démontrent :

1° Que le chlorure de sodium peut pénétrer dans les plantes qui n'en renferment pas d'ordinaire ;

2° Que cette absortion n'a lieu, quand les racines rencontrent une dissolution complexe, que lorsque le sel marin se trouve dans cette dissolution en quantité notable ; condition que les terres arables ordinaires ne présentent pas, d'où l'on tire la raison de l'absence habituelle de la soude des cendres des végétaux terrestres ;

3° Que l'absorption est beaucoup plus facile quand le sel marin

est présenté seul aux racines ; mais dans ce cas le sel marin cesse d'être indifférent, il est au contraire utilisé par la plante, ce que nous démontrons :

(*a*) En remarquant que les haricots vident leurs cotylédons quand leurs racines plongent dans une dissolution renfermant du sel marin ;

(*b*) En remarquant en outre que le haricot plongé dans une dissolution très-étendue, prend le sel en plus grande raison que l'eau.

La combinaison qui contracte dans ce cas le sel marin avec les tissus, suffit à faire comprendre son absorption plus facile.

Les faits précédents s'expliquent aisément à l'aide des phénomènes de diffusion, et par suite l'assimilation de la soude ne présente qu'une exception apparente aux règles que nous avons posée dans notre premier mémoire.

Remarquons toutefois que même en nous plaçant dans des conditions toutes spéciales, nous n'arrivons à faire pénétrer le chlorure de sodium dans une plante comme le haricot d'Espagne, qu'en très-faibles quantités, ce qui confirme complétement l'importante observation de M. Péligot sur la faible tendance qu'ont les plantes à s'emparer de la soude.

ÉTUDE SUR LA PRAIRIE GOETZ

PAR

M. BOITEL

Inspecteur général de l'agriculture.

Avant de formuler mes appréciations sur la prairie Goetz, j'ai pensé qu'il était indispensable de visiter à un moment convenable les agriculteurs qui annonçaient avoir obtenu d'excellents résultats de ce nouveau mode de culture. J'ai voulu examiner cette prairie dans les conditions les plus variées de sol et de culture. C'est pour ce motif que je me suis rendu successivement chez M. Berne, à la ferme de Bailly, près Nemours (Seine-et-Marne) ; chez M. Cothias, à la ferme de Champerreux, par Donnemarie-en-Montois (Seine-et-Marne) ; chez M. Coquerel, à Sassey, par Évreux (Eure) ; enfin, chez M. Jacquin, à Fère-Champenoise (Marne).

Prairies de M. Berne.

La visite a eu lieu le 24 mai. L'étendue totale de ces prairies est de 3 hectares 1/2, dont moitié créée en 1877 et en plein rapport, et moitié en formation dans le courant de 1878.

Le sol de la ferme de Bailly est sablonneux et tellement léger qu'il s'envole sous l'action du vent. Ce sont de véritables terres à seigle, à asperges et à sapins (pins sylvestres). A l'aspect du terrain et des sapinières, on se croirait en Sologne.

Une première parcelle de 35 ares, semée au 15 septembre 1877, a donné, au 15 mai 1878, 12 270 k, de fourrage vert, soit 363 k. par are. En admettant une perte de 70 0/0 par la dessiccation à l'air, le rendement par are serait de 108 k., 90, soit 10 890 k. par hectare. L'herbe de prairie naturelle coupée en pleine maturité ne perd à la dessiccation que 64 0/0, mais par un printemps pluvieux comme celui de 1878, et quand les plantes sont coupées au moment de la floraison, on ne peut pas admettre un rendement en foin sec supérieur à 30 0/0; il est même possible que ce rendement tombe à 25 0/0 si l'herbe n'est pas mûre, et si elle est gorgée d'eau par suite de pluies abondantes et continues.

Quoi qu'il en soit, cette parcelle de 35 ares et une autre prairie de 93 ares semée en mars 1877 offraient des graminées magnifiques par leur hauteur et leur épaisseur. Ces plantes mesuraient 0^m,90 à 1^m,10 de hauteur. A la grosseur des andains et au nombre des tas de foin en dessiccation sur le champ, on pouvait, sans exagération, évaluer à 10 000 k. de foin sec par hectare le rendement de la parcelle de 93 ares pour la première coupe.

Si la température est favorable et se maintient fraîche et pluvieuse en juin, M. Berne espère de ses prairies une seconde coupe, à la fin de juillet, d'environ 5 000 k. Ce serait donc un rendement total de 15 000 k. de foin sec par hectare, ou, en d'autres termes, de 3 000 bottes de 5 k.

La prairie Goetz succédait à une culture d'asperges et à diverses autres cultures traitées convenablement sous le rapport des façons et des fumures. Il n'est pas douteux que ce sol sablonneux n'a pas été complétement épuisé par les cultures précédentes et qu'il conservait une certaine fertilité au moment de sa mise en prairie.

Quoi qu'on en dise, la bonne qualité du sol ne fait qu'assurer davantage le développement et le succès des graminées fourragères de M. Goetz. Plus il existe de substances assimilables dans le sol, moins il faut faire de sacrifices pour porter la prairie Goetz à son maximum de rendement. La prairie de 95 ares, qui doit rapporter cette année environ 15000 k. de foin sec par hectare, a occasionné les frais suivants en 1877, année de son ensemencement :

	L'hectare.
2 labours et un hersage estimés..	40 fr.
35 000 k. de fumier coûtant, y compris l'épandage......	350
160 k. de sulfate d'ammoniaque répandu en mai.......	80
70 k. de semence à 2 fr. le k.	140
60 k. de sulfate d'ammoniaque semé en juillet.........	30
200 k. engrais complet de M. Joulie en octobre........	50
Loyer du sol et frais généraux......................	60
	750 fr.

Une question des plus intéressantes à étudier, c'est de comparer les plantes obtenues avec les semences employées. M. Berne a essayé dans ses sables les quatre compositions suivantes :

PREMIÈRE COMPOSITION GOETZ POUR 25 ARES (1).

Brome des prés..................................	7 k, 500
Dactyle pelotonné................................	5

DEUXIÈME COMPOSITION GOETZ TOUJOURS POUR 25 ARES.

Avoine élevée....................................	16
Vulpin des prés..................................	1 250
Dactyle pelotonné................................	3

TROISIÈME COMPOSITION POUR 25 ARES.

Fétuque élevée.................................	0k625
— des prés..................................	0.625
Ray-grass	2.250
Dactyle pelotonné..............................	3.000

QUATRIÈME COMPOSITION DE M. VILMORIN, NON DÉFINIE PAR L'EXPLOITANT.

Flouve odorante................................	1k000
Paturin des bois................................	0.750
— commun...............................	0.750
Vulpin des prés.................................	1.250

Un fait très-important à noter, c'est que ces quatre compositions, si différentes, sous le rapport des semences, ont donné naissance à

(1) Voir le livre de M. Goetz intitulé *Nouvelle Méthode de culture.*

des plantes identiques et à un foin de même nature et de même qualité. On doit en conclure que, parmi les espèces semées, il n'y a que les plus vigoureuses qui réussissent et viennent à bien; elles détruisent et étouffent les graminées les plus faibles et les plus délicates et ne tolèrent à côté d'elles que les espèces spontanées les plus vivaces et les plus tenaces. La houlque laineuse et le ray-grass vivace existent naturellement dans les sables des environs de Nemours. Quoi d'étonnant qu'on en trouve en abondance dans la prairie Goetz, lors même que ces plantes n'entreraient pas dans la composition de la semence?

Les quatre compositions employées ont produit comme plantes dominantes : le fromental, le dactyle, la houlque laineuse et le ray-grass vivace.

Quant aux autres semences (vulpin, paturin, fétuque, flouve odorante), on n'en trouve qu'une proportion insignifiante, dominées qu'elles sont par le dactyle et le fromental, plantes vigoureuses et robustes qui, par l'effet des engrais et de la bonne préparation du sol, atteignent en hauteur et en talement des dimensions vraiment extraordinaires.

Chez M. Berne, le dactyle mesure 1^m,10 de hauteur, le fromental 1^m,20 à 1^m,40, la houlque laineuse et le ray-grass jamais moins de 0^m,90. On a beau associer d'autres espèces plus petites et plus fines à ces quatre graminées fondamentales, la prairie est toujours composée de la même manière : là, comme dans la végétation des forêts, les espèces les plus faibles finissent toujours par céder le terrain aux espèces les plus vigoureuses qui les dominent et les privent d'air et de lumière. Il est également inutile d'y mélanger des légumineuses telles que la minette, le trèfle blanc et le trèfle ordinaire.

Ces plantes, basses et rampantes, disparaissent et meurent sous le couvert épais du fromental et du dactyle.

Le même fait s'est reproduit dans les trois autres localités que j'ai visitées et dont je rendrai compte un peu plus loin. Partout le dactyle et le fromental sont les plantes dominantes de la prairie Goetz. Viennent ensuite, en seconde ligne, la houlque laineuse et le ray-grass vivace. Au milieu de ces quatre espèces principales, dont les proportions respectives peuvent varier à l'infini, on trouve quelques rares échantillons de graminées naturelles et propres au terrain, notamment de la flouve odorante qui vient partout, du pa-

turin commun qui se plaît dans les bonnes terres, et de l'avoine jaunâtre qui affectionne les terrains secs et calcaires.

Des quatorze plantes que M. Goetz recommande dans son ouvrage intitulé *Nouvelle Méthode de culture*, il n'y en a réellement que sept qui méritent de fixer l'attention du cultivateur, et parmi ces sept espèces il faut s'attacher principalement au fromental, au dactyle, à la houlque laineuse et au ray-grass vivace. A ces quatre graminées fondamentales on fera bien d'associer de la flouve odorante, du paturin commun et de l'avoine jaunâtre, pour donner au foin plus de finesse et de parfum. Les quatre graminées principales sont assez indifférentes sur la nature du sol, elles viennent bien dans tous les terrains, pourvu qu'elles y trouvent de l'engrais en proportion suffisante et une certaine dose de fraîcheur. Quant aux trois autres graminées, que j'appelle accessoires, lorsqu'on les mélangera aux quatre graminées principales, on aura égard aux aptitudes naturelles du sol. L'avoine jaunâtre aura toujours du succès dans les régions fortement calcaires. Le paturin commum, au contraire, préférera aux craies de Champagne les terres franches propres au froment. C'est compliquer inutilement la solution de la question que de déterminer la composition de la prairie par des essais appliqués à 14 espèces différentes, ainsi que le conseille l'auteur de la *Nouvelle Méthode de culture.*

La fétuque des prés et le brome des prés sont inférieurs au fromental et au dactyle comme qualité et comme abondance de foin. Ces plantes se montrent généralement plus difficiles sous le rapport du terrain. Il est inutile de les essayer, et on doit sans aucune hésitation leur préférer le fromental et le dactyle, qui partout font le succès de la prairie Goetz.

L'*agrotis vulgaris* n'est autre chose qu'un chiendent qu'il faut sévèrement écarter de la prairie à cause de sa végétation tardive, s'accordant mal avec celle des graminées fondamentales, et de ses qualités traçantes qui en font un chiendent funeste pour le terrain et les autres espèces. Quant au paturin des bois, il ne vient bien qu'à l'ombre des futaies et des taillis. Cette plante n'a aucun rôle a jouer dans la prairie de Goetz. Il en est de même de la fétuque rouge et de la cretelle, elles ne sont pas de force à lutter de pair contre les graminées dominantes. C'est perdre son temps et son argent que de les mélanger à des espèces vigoureuses qui doivent infailliblement les étioler et les tuer.

Le vulpin des prés, quoique excellent pour la prairie naturelle ordinaire, située en terrain bas et froid, n'est pas à sa place dans la prairie Goetz; sa végétation assez tardive ne s'accorde pas avec celle des graminées précoces qui sont la base de la prairie Goetz.

Les autres graminées qui m'ont paru dans certains cas offrir quelques avantages pour la prairie Goetz sont, je le répète, le paturin commun, l'avoine jaunâtre et la flouve odorante. Elles sont de moyenne dimension; leur végétation marche bien avec celle des quatre graminées fondamentales, de plus elles donnent un foin délicat et parfumé supérieur à celui des graminées fortes et vigoureuses. Il y a donc tout avantage à les faire entrer dans la prairie Goetz, quand le sol montre de l'aptitude pour ces plantes, ce qu'il est facile de savoir à l'inspection des graminées qui croissent naturellement dans le pays.

La composition Goetz, modifiée ainsi d'après l'examen des prairies en végétation, se présente à nous sous la formule suivante, où les plantes sont rangées d'après leur importance au point de vue du rendement en foin sec :

1° Fromental;
2° Dactyle;
3° Ray-grass vivace;
4° Houlque laineuse;
5° Flouve odorante;
6° Avoine jaunâtre;
7° Paturin commun.

Dans la plupart des prairies Goetz que j'ai examinées, le fromental et le dactyle forment au moins les 2/3 de la masse du foin; l'autre tiers comprend dans différentes proportions du ray-grass, de la houlque, de l'avoine jaunâtre et quelques autres graminées spontanées (paturin commun, flouve odorante, etc.). Telles sont les réflexions qui m'ont été suggérées par l'examen de la prairie Goetz établie sur les terrains sablonneux des environs de Nemours. Voyons maintenant comment cette même prairie se comporte chez M. Cothias, à la ferme de Champ Perreux, située, comme la ferme de M. Berne, dans le département de Seine-et-Marne. La visite a eu lieu le 28 mai.

Prairies de M. Cothias.

Il ne s'agit plus ici d'un essai de 2 ou 3 hectares, mais d'une surface de 30 hectares en deux pièces essentiellement différentes sous le rapport de la fertilité et de la nature du sol.

Une première pièce de 14 hectares, qualifiée de sables brûlants d'une classe tout à fait inférieure, montre une végétation luxuriante de graminées Goetz. On y voit dominer, comme toujours, le fromental et le dactyle mesurant plus d'un mètre de hauteur et fournissant sous la faulx une herbe épaisse et très-abondante. Le sol est siliceux, sablonneux; la couche arable atteint à peine $0^{m},15$ de profondeur; le sous-sol est un sable maigre mélangé de gravier, et paraissant dépourvu de toute fertilité. Ce sont là des terres à seigle de la dernière qualité, comme on peut s'en convaincre à l'aspect des chétives récoltes des voisins.

Cette prairie a été faite en 1875 sur une fumure de 30 mètres cubes de bon fumier de ferme avec addition de nitrate de soude. On a employé 70 kil. de semence par hectare, composée d'après les formules de M. Goetz. Ici comme aux environs de Nemours, on a beau varier les formules, on arrive toujours au même résultat, on obtient principalement les deux graminées les plus vigoureuses, le fromental et le dactyle, deux plantes qui végètent très-bien ensemble et qui se plaisent à souhait dans ces conditions de sol perméable, de fumures abondantes et facilement assimilables. Dans une telle situation et sur un sol parfaitement assaini pendant l'hiver, ces deux graminées naturellement précoces poussent vigoureusement au printemps et deviennent bonnes à faucher au 15 mai. Cette prairie a rendu, en 1877, 11 700 kil. de foin par hectare pour la première coupe. On peut espérer le même résultat pour l'année 1878. Les pluies incessantes du mois de mai n'ont pas permis de constater avec exactitude le rendement de cette première coupe. La prairie n'avait reçu depuis l'année dernière ni fumier de ferme, ni engrais chimiques. Seulement l'humidité excessive du printemps avait été très-favorable à la végétation; dans ces sables excessivement perméables, les plantes profitent autant des pluies abondantes qu'elles souffrent, en été, d'une sécheresse intense et prolongée.

Une autre grande prairie, située sur une bonne terre à blé,

très-supérieure aux sables brûlants sous le rapport de la qualité et de la fertilité du sol, montrait au 22 mai une végétation satisfaisante, moins belle cependant que celle des sables brûlants. Ici, ce n'était plus le fromental qui était la plante dominante, mais le dactyle pelotonné; à première vue, on n'apercevait absolument que du dactyle; un examen plus attentif faisait discerner une très-faible proportion de quelques autres graminées. Par le fait, le foin de cette prairie contient 9/10 de dactyle. Cette composition par trop simple ne vaut pas celle des sables brûlants; elle épuisera le terrain avec plus de rapidité, la durée de la prairie sera plus limitée et le rendement par hectare en souffrira. Ajoutons que le foin composé d'une seule plante passablement dure est moins nutritif et moins appétissant pour le bétail.

Cependant le rendement de la première coupe, que l'état pluvieux de la température n'a pas permis de constater sur place, sera encore très-satisfaisant et pourra atteindre 9000 à 10000 kil. par hectare. En raison de la bonne qualité du sol, on peut en obtenir une seconde et troisième coupe qui feraient défaut sur les sables brûlants, si l'été et l'automne n'étaient pas pluvieux.

Il n'en est pas moins vrai que les prairies de M. Cothias excitent l'admiration des cultivateurs par leur grande étendue et leur magnifique végétation. Depuis 1875, elles ont donné des produits prodigieux qui ont laissé à l'exploitant un beau bénéfice après avoir soldé tous les frais d'entretien et de premier établissement; les années humides sont naturellement les plus productives, surtout pour les sables brûlants. Cependant la première coupe, qui se fauche de bonne heure, au printemps, par suite de la précocité des graminées employées, est toujours très-abondante, même par les années réputées les plus sèches et les moins favorables aux prairies naturelles ordinaires.

D'après les constatations faites sur place et en admettant 30 kil. de foin sec pour 100 kil. d'herbe verte, le rendement total par hectare de foin sec, à la ferme de Champerreux, n'aurait jamais été inférieur à 15000 kil. pour les années 1875, 1876 et 1877. Pour l'année 1878, les résultats semblent devoir être semblables à ceux de 1877.

Après M. Cothias, j'ai visité M. Cocquerel à Sassey, près Évreux (Eure), à la date du 30 mai.

Prairies de M. Cocquerel.

Nous sommes à Sassey, dans d'excellentes terres à froment, sur un bon diluvium d'une grande épaisseur et recouvrant une formation crayeuse précieuse pour le marnage de ces terrains assez pauvres en carbonate de chaux.

Ces terres produisent de la minette, du trèfle, du sainfoin et de la luzerne. Ces deux dernières légumineuses y ont peu de durée; elles sont rapidement envahies et détruites par les bromes, les paturins et les vulpins. Ce fait démontre que le sol possède plus d'aptitude pour les graminées que pour les légumineuses; les conditions semblent donc très-favorables à la création des prairies Goetz.

M. Cocquerel a établi ce genre de pré sur une surface de 5 hectares 1/2 en deux pièces distinctes.

Il fait succéder la prairie à un blé fumé à la dose de 50 mètres cubes de fumier par hectare. Avant de semer les graminées au printemps, on ajoute une nouvelle fumure de 50 mètres cubes. Au printemps suivant, on administre à la jeune prairie 600 kil. de nitrate de soude.

Une prairie traitée de cette façon, a rendu en 1877 :

Pour la première coupe	12 000 k.
Pour la deuxième coupe	7 000
Total	19 000 k.

Une autre prairie créée en 1877 et fumée comme la précédente a rendu en première coupe, au 20 mai 1878, 45 300 kil. d'herbe verte représentant en foin sec 13 590 kil.

La prairie établie en 1876 offrait la composition suivante en mai 1878 :

1° fromental	Plantes dominantes et très-abondantes
2° dactyle	formant les 2/3 de la masse du foin.

L'autre tiers comprend du ray-grass vivace, de la houlque laineuse, de l'avoine jaunâtre, du brome des prés et un peu de paturin commun, de vulpin des prés et de fléole.

La prairie établie en 1877 se composait comme il suit :

1° fromental	Plantes dominantes formant ensemble les
2° ray-grass vivace..	2/3 du foin.

L'autre tiers renfermait du dactyle, de l'avoine jaunâtre et quelques autres graminées spontanées ou venues de semis.

Sur ce terrain comme dans les fermes précédentes, le fromental et le dactyle, quand on les sème en bonne proportion, prennent un développement considérable : ils dépassent un mètre de hauteur et se distinguent des autres graminées par leur vigueur extraordinaire et l'extrême abondance de leurs produits.

M. Cocquerel n'emploie jamais moins de 80 kil. de semence par hectare, coûtant 2 francs le kilogramme. Le semis se fait en mai ou juin. C'est là que j'ai vu les résultats les plus remarquables de la prairie Goetz. Grâce à la fertilité naturelle du sol et aux fortes fumures employées, M. Cocquerel approche d'un rendement total de 20 000 kil. de foin sec par hectare. Il est vrai qu'il suit strictement les prescriptions de M. Goetz, et qu'il cultive d'une manière très-intensive les plus fortes graminées fourragères, ne reculant pas devant une avance de 1 000 à 1 200 fr. par hectare pour la dépense du fumier, du nitrate de soude et de la semence.

Cet agriculteur a cherché à déterminer par l'expérience la meilleure composition à adopter pour la prairie Goetz.

Il a semé séparément les quatorze plantes indiquées par M. Goetz, savoir : le dactyle, le fromental, le ray-grass, le brome des prés, la fétuque des prés, l'*agrostis vulgaris*, le vulpin, la cretelle, le paturin commun, le paturin des bois, et quelques autres graminées, chacune sur un are de surface. Ce mode de procéder offre de grandes difficultés aux personnes étrangères à la botanique et peu versées dans la connaissance des graminées.

Il arrive souvent que les graines achetées sont impures et mal nommées, qu'elles ne germent pas et qu'elles sont remplacées sur le terrain par des graminées spontanées. Il en résulte pour l'expérimentateur une confusion qui ne lui apprend rien sur les meilleures espèces à adopter. Plusieurs des carrés cultivés par M. Coquerel ne portaient pas les plantes qu'on croyait y avoir semées, et donnaient des indications fausses sur les graminées en expérience. On ne peut tirer aucune conclusion pratique de ces essais qui ont, en outre, l'inconvénient de demander beaucoup de

temps et d'études, et d'occasionner un grand dérangement aux cultivateurs.

Quand on veut tenter les prairies Goetz, le mieux est de visiter quelques-unes de ces prairies et de chosir les semences d'après les observations qu'on a recueillies dans ces explorations et d'après l'examen des graminées qui poussent naturellement sur le terrain à ensemencer.

Prairies de M. Jacquin.

Ma quatrième visite a eu lieu en pleine Champagne pouilleuse, chez M. Jacquin, à Fère-Champenoise. Le sol est d'une qualité tout à fait inférieure; on ne peut imaginer une contrée plus pauvre et plus déshéritée sous le rapport des végétaux ligneux et herbacés; on ne voit partout que de mauvaises récoltes et des sapinières de la plus chétive apparence (pins sylvestres). Ces terres, désignées dans le pays sous le nom de grèves crayeuses de Champagne, sont estimées 180 fr. l'hectare.

Un semis de cette année, sur une étendue de 54 ares, a été fait au 13 avril, après froment fumé à raison de 50 mètres cubes par hectare.

Pour le semis des graminées, on n'a pas mis d'autre fumure que l'engrais riche de M. Pilter à la dose de 200 k. à l'hectare. On a employé 90 k. de semence par hectare, comprenant comme plantes dominantes le fromental et le dactyle associés, en moindre proportion, à la houlque laineuse, au brome des prés, au paturin commun et à la fétuque des prés. En 1879, cette jeune prairie recevra en février ou mars du nitrate de soude à la dose de 300 k. à l'hectare.

Ce sel paraît préférable au sulfate d'ammoniaque pour les terres crayeuses de la Champagne. En présence du carbonate de chaux, le sulfate d'ammoniaque se décompose rapidement et produit peu d'effet sur les graminées. Il n'en est pas de même du nitrate de soude.

Ce jeune semis a très-belle apparence, et présente un gazonnement satisfaisant. On voit que le terrain a été parfaitement ameubli au moment de l'ensemencement et que ces graines fines des graminées ont été enterrées très-superficiellement et roulées en temps opportun, soins bien nécessaires pour obtenir une bonne germination et

une garniture régulière sur toute la surface. Le sol n'ayant pas de profondeur, le labour fait en vue de la prairie n'a pas dépassé 0m,15.

L'emploi direct du fumier au moment de l'ensemencement de la jeune prairie offre en Champagne l'inconvénient de donner naissance à une foule de mauvaises herbes dont la présence nuit au développement des jeunes graminées. L'engrais chimique, au contraire, enrichit le sol sans y apporter aucune plante parasite.

Quel que soit l'engrais employé, il faut s'attendre à l'apparition de toute espèce de mauvaises herbes au milieu du jeune semis. Ce sont des moutardes sauvages, des coquelicots, des bleuets et beaucoup d'autres plantes adventives qui généralement sont annuelles et disparaissent complétement dès qu'elles sont assez fortes pour être coupées à la faulx.

C'est le moyen le plus simple et le plus économique de sarcler la jeune prairie Goetz. Si la température est favorable à la végétation des plantes, on pourra répéter une seconde fois la même opération. Ces deux coupes fournissent un mélange de bonnes et de mauvaises plantes qu'on utilise en vert pour la nourriture du bétail. Dès lors, les graminées vivaces de la prairie sont en pleine possession de la surface formant un gazon continu propre à maintenir la fraîcheur du sol et apte à absorber utilement l'engrais accumulé dans le terrain et celui que l'on répandra à la surface sous forme de fumier pendant l'hiver ou sous forme de sel chimique facilement assimilable au premier réveil de la végétation printanière.

De ce jeune semis, qui donne de belles espérances pour l'avenir, je suis passé sur une autre prairie Goetz de 50 ares, semée dans l'automne de 1873 après avoir administré au sol d'excellent fumier à la dose de 50 mètres cubes par hectare. Tous les ans, au mois de mars, on y répand du nitrate de soude à la dose de 200 à 300 k. par hectare.

Les rendements de cette prairie n'ont pas été constatés en 1874 et en 1875.

En 1876, cette prairie a donné 7000 k. de foin sec par hectare. En 1877, grâce aux pluies du printemps, le rendement a varié entre 11 500 et 14 000 k. En 1878, la première coupe, en dessiccation au moment de ma visite, a produit 31 600 k. en vert qui ont donné 9300 k. de foin sec.

Cette prairie offrait, sous le rapport des graminées, deux compositions distinctes :

La première se formule ainsi :

3 plantes dominantes..	le fromental, le dactyle, la houlque laineuse.

Le fromental à lui seul était aussi abondant que les deux autres.

Aux trois plantes dominantes formant les $^2/_3$ de la masse venaient se joindre pour $^1/_3$...	1° l'avoine jaunâtre, 2° le brome des prés, 3° le fléole des prés.

Sur un autre point de la même prairie, par suite d'un ensemencement différent, la composition des plantes se formulait ainsi :

Plante dominante pour les $^2/_3$,	le fromental,
Plantes formant ensemble l'autre tiers...........	le brome des prés, le dactyle, un peu de fétuque des prés.

La botte de foin exposée au Champ de Mars par M. Jacquin se rapporte à la première composition, on y voit en grande abondance du fromental et du dactyle.

En Champagne, les semis de printemps sont les seuls à recommander. On doit s'efforcer d'obtenir un semis épais et bien développé avant l'hiver. L'ensemencement d'automne réussit rarement. Les jeunes plantes sont généralement détruites en hiver et au printemps par l'effet du déchaussement, toujours à craindre dans les terres crayeuses de la Champagne.

Conclusions pratiques à tirer des observations recueillies dans les quatre localités mentionnées précédemment.

En ce qui concerne le choix des plantes, il n'est pas nécessaire de se livrer sur le terrain aux essais longs et difficiles prescrits par M. Goetz. Parmi les quatorze plantes qu'il indique, quatre figurent en première ligne par leur abondance, leur précocité, leur maturité et leurs succès dans tous les terrains, pourvu qu'ils soient abondamment fumés. Ces quatre plantes essentielles sont : le fromental, le dactyle, le ray-grass vivace et la houlque laineuse ;

elles font le succès de la prairie Goetz, qu'on l'observe dans les craies arides de la Champagne pouilleuse, dans les sables de Nemours ou dans les terres franches de Sassey (Eure) ou de Champerreux (Seine-et-Marne).

A ces quatre plantes principales ajoutons trois graminées accessoires, la flouve odorante, l'avoine jaunâtre et le paturin commun, destinées à donner au foin plus de finesse et de parfum, et nous aurons les sept plantes dont les associations diverses serviront à constituer la prairie Goetz. Les autres plantes dont parle cet agriculteur leur sont inférieures et n'ont aucun rôle à jouer dans sa prairie.

La cretelle et l'*agrostis vulgaris* sont tardives et offrent plus d'inconvénients que d'avantages. La fétuque des prés et la fétuque élevée forment sous deux noms différents une seule et même plante qui, dans le cas actuel, ne se recommande par aucune qualité particulière. Le vulpin des prés est une graminée qui ne paraît pas se plaire dans la prairie Goetz, où elle ne trouve pas la fraîcheur qui lui convient et se défend mal contre les autres graminées. Il est par conséquent inutile d'en semer.

Le brome des prés est une plante assez grossière et pleine d'arêtes qui n'est pas à recommander. C'est seulement dans les terrains calcaires qu'il peut rendre quelques services quand les autres graminées refusent d'y pousser.

Quant au paturin des bois et à la fétuque rouge, ils n'offrent aucun intérêt pour la prairie Goetz. N'oublions jamais que pour atteindre des rendements de 10000, 15000 et 20000 kil. de foin par hectare, il est indispensable d'agir avec les graminées les plus fortes et les plus vigoureuses, conditions que remplissent parfaitement le fromental, le dactyle, le ray-grass et la houlque laineuse. Elles ont en outre le précieux avantage de bien pousser ensemble et de bien marcher d'accord sous le rapport de la végétation et de la floraison.

Avec de telles plantes le succès est certain, si on a à sa disposition un sol bien défoncé, perméable, sain et meuble en toute saison, frais au printemps, pas trop sec en été et largement fumé par du fumier de ferme et des engrais chimiques.

La prairie Goetz doit-elle durer indéfiniment? Les plus anciennes datent de 1873 et 1874. M. Goetz est convaincu que sa prairie durera indéfiniment si on sait la soutenir par du fumier et des engrais chimiques. Ce n'est pas mon avis ni celui des praticiens qui connaissent

la faculté épuisante et la voracité des graminées de cette prairie. On aura beau répéter les fumures chimiques et rapporter sur la prairie tout ou partie du fumier résultant de la consommation du foin par le bétail, il est certain qu'on ne compensera pas ainsi l'épuisement occasionné par une production annuelle de 15000 kil. de foin par hectare.

A l'exception de M. Cothias, qui a agi sur une trentaine d'hectares, grâce à ses ressources en fumier et à la fertilité d'une grande partie de sa ferme, les partisans de la prairie Goetz n'en possèdent que de petites étendues sur lesquelles ils concentrent le fumier de leur ferme et les engrais chimiques. Ces parcelles n'ont que trois ou quatre années d'existence, dont les deux dernières se sont distinguées par une humidité exceptionnelle très-favorable aux terres crayeuses et sablonneuses.

Ces graminées prennent leur nourriture minérale exclusivement dans le sol et non dans le sous-sol, comme le font les prairies artificielles composées de légumineuses. Quand on sera obligé de défricher la prairie par suite de l'insuffisance de la récolte, il est à supposer que ce sol, surmené par une culture intensive de graminées, se montrera rebelle au froment, au seigle, à l'avoine et à l'orge, et que pour l'utiliser on devra recourir à des plantes d'une autre famille, telles que la pomme de terre, la betterave, les crucifères et les légumineuses.

Avantages de la prairie Goetz. — A côté des inconvénients que je signale et qui seront certainement confirmés par l'expérience, la prairie offre des avantages qu'il est juste de reconnaître et d'indiquer aux cultivateurs. — La prairie Goetz peut prospérer et atteindre de hauts rendements sur les terrains les plus mauvais et les plus rebelles à toute autre culture fourragère. — C'est là qu'on peut en tirer un excellent parti, bien mieux que dans les bonnes terres propres au trèfle, à la luzerne, au sainfoin et aux autres plantes fourragères. Ces dernières cultures ont sur la prairie Goetz l'avantage de donner des produits abondants sans imposer de grands sacrifices à l'exploitant; non-seulement elles n'épuisent pas le sol comme les graminées, mais elles l'améliorent par des emprunts faits au sous-sol.

Malheureusement le trèfle, la luzerne et le sainfoin ne viennent pas partout.

Il faut encore remarquer que le succès de la prairie Goetz n'est certain qu'en faisant au sol une avance considérable en engrais.

Dans les contrées qui manquent de nourriture pour le bétail on est heureux d'obtenir, même au prix de grands sacrifices, une bonne prairie Goetz qui donne aux animaux de la ferme une abondante alimentation qu'on demanderait vainement aux autres cultures fourragères.

Le plus grand obstacle à surmonter dans les pays pauvres, c'est de se procurer le fumier dont on a besoin pour la première création de prairie Goetz. On conseille dans ce cas de recourir à la pratique des engrais verts. Mais que de lenteur et de difficultés quand il s'agit de fertiliser un sol pauvre par le seul effet des maigres récoltes qui y sont enfouies en vert! Il vaudrait mieux dans ce cas avoir affaire à une lande nouvellement défrichée et possédant un certain fonds de fertilité. En la traitant par le phosphate fossile, comme on le fait pour la culture du seigle, on pourrait obtenir une production abondante de graminées dont on tirerait un excellent parti par les diverses spéculations du bétail. De plus, on produirait ainsi du fumier très-précieux pour l'amélioration des terres pauvres.

Certaines terres de bonne qualité pour les céréales et les racines se trouvent parfois fatiguées de trèfle, de luzerne et de sainfoin. Là, les graminées fourragères à l'état de prairie temporaire et cultivées d'après les principes de M. Goetz viendront puissamment en aide au cultivateur pour l'alimentation du bétail.

On voit d'après cela que la prairie Goetz, telle qu'elle se formule après de longs tâtonnements et de nombreuses expériences, et telle qu'on peut la traiter avec la ressource des engrais de ferme et du commerce, a sa place marquée dans certaines situations parfaitement déterminées.

C'est à l'exploitant de savoir si cette nouvelle méthode de culture peut lui fournir le foin à meilleur marché que les plantes fourragères usitées dans sa localité. En cela, comme en toutes choses, il y a le chapitre des revers et des succès. Les revers atteignent ceux qui, après avoir beaucoup dépensé pour l'engrais et la semence de la la prairie, manquent le semis soit par l'inclémence du temps, soit par la mauvaise qualité des graines, soit enfin pour toute autre cause indépendante de la volonté de l'homme.

Les succès reviennent à ceux qui, agissant sur un sol de peu de valeur, parviennent sans trop de peine à créer une prairie d'un rendement considérable dans un pays pauvre où d'ordinaire tout le monde manque de fourrage pour la bonne alimentation du bétail.

Ceux-là sont pleins de reconnaissance pour le chercheur infatigable à qui il a fallu 30 ans de recherches et d'observations pour formuler une composition appropriée aux plus mauvais terrains et apte à procurer du foin aux contrées qui en ont le plus grand besoin. Arrivons à la pratique de l'ensemencement de la prairie.

Ensemencement, soins d'entretien et récolte. — L'usage des graminées temporaires pour la formation des prairies artificielles n'est pas précisément une invention moderne. Il y a longtemps que les Anglais ont affecté à cette destination le ray-grass, le dactyle, le fromental et quelques autres graminées. Depuis longtemps on fait usage dans l'Aveyron et les départements voisins d'une association de graminées qui présente une grande analogie avec la composition de la prairie Goetz. On sème ensemble, sur une terre labourable distraite momentanément de l'assolement, le dactyle, le fromental et la houlque laineuse avec une faible portion de légumineuses (minette, trèfle blanc, sainfoin). Ces mélanges donnent de bonnes récoltes de foin, surtout si l'année est humide et si le terrain se trouve dans un bon état de fertilité. Le rendement baisse peu à peu à mesure qu'on s'éloigne de la forte fumure initiale; pour le maintenir plus longtemps, il faudrait recourir à de nouvelles fumures d'engrais de ferme où de substances chimiques. Souvent on préfère rompre la prairie dès qu'on s'aperçoit que ses produits n'en sont plus rémunérateurs.

Le mérite de M. Goetz n'est pas tant d'avoir trouvé une bonne association de plantes pour des prés hauts que d'avoir soumis ces mêmes graminées à une culture intensive qui en prolonge la durée et qui porte la prairie à son maximum de rendement. D'après les observations précédentes, nous savons qu'il faut opérer sur deux classes de graminées. Aux principales on demande l'abondance de la récolte, aux accessoires le parfum et la finesse du foin.

Bien qu'on rencontre des prairies Goetz ne contenant que deux ou trois graminées principales dans des proportions inégales, il vaut mieux avoir quatre plantes que trois, et trois mieux que deux. On peut en dire autant des graminées accessoires. La variété des espèces donne plus de qualité au foin et plus de durée à la prairie.

Les semences s'achètent pures chez les grainetiers, ou mélangées chez les cultivateurs qui possèdent déjà des prairies Goetz. Quelle que soit la provenance de la graine, il est indispensable de la véri-

fier comme composition et de s'assurer de ses qualités par un essai en petit de germination.

Quand on emploie la graine des prairies Goetz, on met 70 à 80 kil. par hectare d'une semence qui coûte 2 francs le kilogramme. Avec les graines pures des grainetiers on peut employer moins de semence; mais comme elles coûtent plus cher, la dépense totale est toujours la même et s'élève en moyenne à 150 francs par hectare.

On ne se repent jamais d'avoir semé trop épais.

On évite ainsi un gazonnement irrégulier et des lacunes mal garnies où il faut répandre l'année suivante des semences supplémentaires.

Avant d'employer la semence extraite d'une prairie Goetz, il est prudent de vérifier sa composition sur pied. On voit alors si elle contient les espèces principales et accessoires dans les proportions reconnues les meilleures et les plus avantageuses. Si on a du temps devant soi, le mieux est de préparer les semences dont on a besoin et de cultiver à l'état pur les graminées que l'on veut employer; quelle que soit la provenance de la semence, voici les proportions, par hectare, que nous conseillons d'adopter :

Fromental	30 k.
Dactyle	15
Ray-grass vivace	10
Houlque laineuse	6
Floune odorante	4
Avoine jaunâtre	5
Paturin commun	5
Total	75 k.

On pourrait ne mettre que moitié de cette quantité, si on disposait d'un sol meuble et frais devant donner une excellente germination sous l'influence active d'un engrais azoté et d'une température douce et pluvieuse.

La surface est-elle bien garnie et bien gazonnée deux mois après l'ensemencement, on peut dire que le semis est parfaitement réussi; son succès ultérieur n'est pas douteux, pourvu que le sol ne se ferme pas et ne se durcisse pas sous l'action de la pluie et du soleil, et qu'il reste frais et perméable à l'eau et à l'air en toute saison.

Ces conditions physiques nécessaires se réalisent assez souvent dans les terres des contrées pauvres, c'est ce qui explique la réus-

site de la prairie Goetz en Champagne pouilleuse; le printemps est la saison la plus favorable à l'ensemencement de la prairie. Elle n'aura jamais un bel aspect la première année. On verra souvent les jeunes graminées dominées et comme étouffées par les plantes adventives. Il faudra faucher le tout ensemble et livrer à la consommation du bétail ce mélange hétérogène de bonnes et de mauvaises plantes.

Au printemps suivant, on répand sur le nouveau gazon du nitrate de soude ou du sulfate d'ammoniaque, ou tout autre engrais chimique plus ou moins complet à la dose variable de 200 à 600 kil. C'est par l'expérience qu'on reconnaîtra l'engrais chimique le mieux approprié au sol et le plus efficace sur les plantes de la prairie. Il est aussi très-utile de revenir souvent au fumier de ferme en couverture pendant l'hiver.

Une prairie ainsi traitée et ainsi composée se distingue par une grande vigueur et par une extrême précocité. Elle aura au moins un mois d'avance sur la prairie basse et humide de la vallée.

On pourra la mettre en consommation à la fin d'avril et au commencement de mai; elle sera bonne à prendre en vert en même temps que le trèfle incarnat, et même quelques jours plus tôt.

S'il s'agit de la couper pour en faire du foin, on la fauche au moment de la floraison des graminées principales, ce qui se produit du 15 au 25 mai sous le climat de Paris.

Coupée plus tard, alors que la graine serait formée, le dactyle, le fromental, le ray-grass et la houlque laineuse donneraient un foin dur et pailleux de mauvaise qualité.

Si des pluies incessantes font obstacle à la dessiccation du foin, le mieux est de redresser les andains. On en fait de petits tas coniques liés par en haut et les épis en l'air. Ces petits tas se mouillent peu et se dessèchent promptement sous l'action du vent et au premier rayon du soleil.

Les cultivateurs pourvus de silos maçonnés peuvent aussi ensiler le fourrage vert et se ménager ainsi une alimentation aqueuse pour les mois d'hiver. Cette méthode est la meilleure de toutes, malgré les frais de transport qu'elle occasionne; quand le temps reste constamment pluvieux au moment de la récolte, comme cela est arrivé en 1877 et en 1878.

La première coupe, en raison de sa précocité, manque rarement, même dans les terres qui souffrent le plus de la sécheresse en été.

Un moyen d'atténuer les effets de la sécheresse en pareille situation, c'est d'augmenter la couche arable par le défoncement et par de forts labours, et d'avoir dans le sol une forte fumure qui invite les racines des graminées à rechercher loin de la surface la fraîcheur et la nourriture dont elles ont besoin.

La seconde pousse est rapide, surtout si la température se maintient chaude et humide; elle est généralement bonne à faucher à la fin de juillet. La troisième repousse est fauchable ou pâturable, suivant les conditions de la température, en automne.

Nature du foin. — Le foin de la prairie Goetz, composé exclusivement de graminées, ne ressemble pas à celui de la prairie naturelle ordinaire : on n'y voit aucune légumineuse (lotier, trèfle, etc., etc.), aucune de ces composées et de ces espèces diverses qui émaillent et fleurissent la prairie naturelle.

Ce foin n'aura jamais le parfum exquis, l'aspect fleuri et les herbes fines et variées du foin de pré de première qualité. Il n'atteindra donc pas, sur les marchés, le prix élevé du foin de pré de première qualité; mais il sera très-supérieur au foin des prés bas et mal assainis, où l'on voit un mélange hétérogène de bonnes et de mauvaises plantes, de graminées et de légumineuses associées à des renoncules, des joncs, des prêles et des laiches qui nuisent à la bonne qualité du fourrage.

Le foin Goetz est goûté du bétail à la condition d'être fauché au moment de la floraison, qui s'annonce d'une manière évidente par la sortie des anthères de toutes les fleurs des principales graminées. Le foin de fromental ne serait plus que de la paille si on commettait l'imprudence d'en retarder la fauchaison jusqu'au moment de la maturité de la graine. Il en serait de même du foin trop mûr du dactyle et des autres graminées.

La prairie Goetz, en raison de son abondance qui aboutit souvent à la verse, n'est pas facile à faucher à la machine. Cependant, en s'y prenant de bonne heure, l'opération n'est pas impossible. Dès que l'herbe est versée, on devra la couper, lors même que les plantes ne seraient pas encore en fleur. L'herbe couchée sur le sol jaunit et pourrit par l'effet de l'humidité. En la coupant immédiatement, le mal est moins intense et on prépare une bonne repousse pour la seconde coupe.

Je pourrais borner ici mes renseignements sur la prairie Goetz; mais je sais par expérience que les graminées dont elle est composée

sont mal connues dans les campagnes, et que cette ignorance a donné lieu à des méprises et à des échecs qui nuisent à la vulgarisation de cette nouvelle méthode de culture. Les plantes à distinguer sont le fromental, le dactyle, le raygrass vivace, la houlque laineuse, la flouve odorante, l'avoine jaunâtre et le paturin commun.

Nous allons en faire des descriptions sommaires, nous attachant principalement aux caractères les plus saisissables aux personnes étrangères à la botanique. Nous décrirons avec beaucoup d'attention les graines de ces plantes, afin de permettre au cultivateur un contrôle et une vérification dont on comprend toute l'importance au point de vue du succès de l'ensemencement. Ces descriptions, accompagnées de gravures dans le texte, faciliteront beaucoup l'étude des sept graminées que doit bien connaître toute personne voulant se livrer à l'exploitation de la prairie Goetz. Un moyen non moins sûr de les bien distinguer, serait d'en constituer un petit herbier avec des échantillons bien choisis et récoltés au moment de la fauchaison.

Dans ces descriptions, les plantes sont rangées d'après leur valeur et leur importance comme graminées fourragères.

Le *fromental* est la plus forte de toutes les graminées qui croissent dans nos prairies naturelles. On la rencontre partout à l'état naturel, au bord des chemins, dans les haies, au milieu des cultures et dans tous les terrains; cependant elle préfère les terres fraîches; à l'état de plante spontanée sa taille varie de 8 à 12 décimètres; sous l'influence d'une bonne culture elle peut atteindre 1^m,30 et même 1^m,50. Par la disposition de ses fleurs, elle ressemble exactement à une avoine. Ses fleurs sont nettement caractérisées par la présence d'une arête roide, longue et genouillée; leur ensemble constitue ce qu'on appelle une panicule ou grappe pendante. La plante fleurit en mai et juin. La graine se détache facilement de la panicule. Il faut donc la couper sur le vert quand on ne veut pas en perdre sur le terrain. Elle est mûre un mois après la floraison, vers le 15 juillet sous le climat de Paris. La graine, après le battage, reste entourée de ses glumelles ou balles et munie d'une arête noire dans sa moitié inférieure et blanche dans sa moitié supérieure. La graine dépouillée de sa balle est jaunâtre, transparente, ellipsoïde, ayant 1 millimètre de largeur et 3 millimètres de longueur. La graine vêtue, qui est la graine marchande, est blanchâtre, cylindrique au milieu, conique aux deux bouts, ayant 1 millimètre 1/2 de diamètre et 8 millimètres

de longueur, avec des poils nombreux à la base et une arête genouillée deux fois plus longue que la graine. Beaucoup de graines sont vides et stériles dans la graine marchande.



Fig. 1. — Fromental, avoine élevée (*Arrhenatherum elatius*, *avena elatior*).

Fig. 2. — Dactyle pelotonné (*Dactylis glomerata*).

Cultivé seul comme prairie temporaire, le fromental dure plus ou moins longtemps suivant la nature du sol, son état d'humidité et les soins dont la plante est l'objet en ce qui concerne les fumures et les

arrosages. Quand le fromental est cultivé seul, on emploie de 60 à 100 kilog. de semence par hectare. On peut obtenir dans de bonnes conditions de 10 000 à 15 000 kilog. de foin sec par hectare. La graine n'étant pas fine, peut être moyennement enterrée à l'aide d'une herse ordinaire, à 2 ou 3 centimètres de profondeur. Il est très-important de distinguer le fromental de sa congénère l'avoine à chapelet, avec laquelle elle offre la plus grande ressemblance, par l'aspect extérieur des tiges et des fleurs. L'avoine à chapelet, trop commune dans la culture, où elle joue le rôle de chiendent, diffère du fromental par sa souche composée de tubercules arrondis et superposés, bien connue des cultivateurs, et par les poils qui garnissent ses nœuds inférieurs. Ce serait une plante détestable pour la prairie Goetz.

Le *dactyle pelotonné* est une plante très-forte, croissant naturellement dans tous les terrains et dans tous les pays : ses fleurs sont réunies en petits paquets connus sous le nom de glomérules. Aucune autre graminée ne présente la même disposition. Ces glomérules, portés sur des supports de différentes longueurs qui aboutissent à l'axe principal, caractérisent parfaitement cette plante qu'il suffit d'avoir remarquée une fois pour ne plus la confondre avec aucune autre. Avant l'apparition de ses organes floraux, le dactyle se reconnaît encore à la largeur de ses feuilles et à la forme aplatie de sa tige. Sa taille varie de 4 à 10 décimètres ; sous l'influence d'une bonne culture il peut atteindre $1^m,10$ et même $1^m,20$. Il fleurit en mai et en juin. Ses graines sont mûres à la fin de juillet, elles sont persistantes sur la tige et on peut attendre leur parfaite maturité sans craindre de les perdre par l'égrainage sur le sol. La graine marchande est garnie de sa balle ; plus petite que celle du fromental, elle est blanchâtre ou grise, marquée de cannelures et terminée par un bec ou pointe de 2 à 3 millimètres. Dans cet état la graine offre un diamètre moyen d'un millimètre, et une longueur de cinq millimètres y compris la pointe. La graine nue est luisante, transparente, ovoïde, avec une pointe noire à la base et une autre pointe plus effilée au sommet. Son diamètre moyen égale 2/3 de millimètre et sa longueur 3 millimètres. Bien qu'ils fleurissent en même temps, le dactyle et le fromental se conduisent différemment à l'époque de la maturité des graines : le premier conserve très-bien ses graines sur pied, tandis que le second les perd avec une extrême facilité. Il ne faudrait donc pas cultiver ensemble ces deux plantes pour la production de la

graine, attendu que pour la bonne qualité de la semence l'une de ces plantes devrait se faucher avant l'autre.

On a quelquefois cultivé le dactyle seul à titre de prairie tempo-



Fig. 3. — Raygrass vivace (*Iolium perenne*).

Fig. 4. — Houlque laineuse (*Holcus lanatus*).

raire ; dans ce cas, on emploie environ 40 kilog. de graine par hectare. Il rend de 13 000 à 17 000 kilog. de foin sec par hectare.

Le *raygrass vivace* est une graminée facile à distinguer par la

disposition de ses fleurs en épis lâches. L'épillet (réunion de plusieurs fleurs sous une enveloppe commune) présente par rapport à l'axe une disposition différente de celle de l'épillet du chiendent (*triticum repens*), dont l'épi offre une certaine analogie avec celui du raygrass. Dans ce dernier, l'épillet regarde l'axe par le côté, tandis que l'épillet du chiendent regarde l'axe par l'une de ses faces.

L'ivraie vivace ou raygrass est très-commune dans les prairies, les pâturages, sur les bords des chemins et dans les lieux incultes et herbeux. A l'état de plante spontanée, sa taille varie de 2 à 6 décimètres, par une bonne culture elle peut atteindre 9 décimètres. Cultivée seule, elle est semée à raison de 50 à 60 kil. de graine par hectare, et rend par hectare 6 à 7000 kilog. de foin sec en deux coupes. Elle fleurit en mai et juin. La graine est mûre en juillet et se détache facilement de l'épillet, ce qui oblige à en faire la récolte avant sa complète maturité. La graine nue est brunâtre, aplatie sur une face et arrondie sur la face opposée, longue de 3 millimètres et large d'un millimètre. La graine vêtue ou recouverte de ses glumelles est la graine marchande; elle est blanchâtre, cylindrique d'un côté et canaliculée du côté opposé, longue de 6 millimètres et large de 1 millimètre 1/2, terminée en pointe. La petite pointe est remplacée par une arête dans le raygrass d'Italie. Ce caractère sert à distinguer ces deux graines.

Le raygrass vivace est très-apprécié en Angleterre, en Allemagne et dans le nord de la France. On en est moins satisfait dans le Midi, où la plante souffre de la sécheresse de l'été. Sa durée comme prairie temporaire est subordonnée à la fertilité du sol, à son état d'humidité et aux soins d'entretien dont elle est l'objet.

Dans la prairie Goetz on doit toujours donner la préférence à l'ivraie vivace sur l'ivraie d'Italie. Cette dernière disparaîtrait promptement et laisserait des vides dans la prairie.

La *houlque laineuse* se reconnaît à l'aspect pubescent de toute la plante, à sa panicule blanchâtre panachée de rose et de violet. Elle est très-répandue dans les prairies et les pâturages, dans les sables de la Sologne et dans les terrains plus ou moins tourbeux. On ne peut la confondre avec aucune des graminées précédentes, mais elle offre la plus grande analogie avec la houlque molle, chiendent des sables siliceux et des terrains granitiques. C'est à l'arête de l'épillet qu'on distingue ces deux espèces si voisines l'une de l'autre et d'une valeur si différente comme plante de prairie. La houlque laineuse

offre une arête dépassant à peine les glumes ou enveloppes des fleurs; dans la houlque molle, au contraire, les glumes sont longuement dépassées par l'arête des fleurs mâles. Cette dernière est une mauvaise plante, un véritable chiendent à souche traçante, qu'il faut sévèrement proscrire de la prairie.

Cultivée seule, la houlque laineuse se sème à raison de 20 kilog. par hectare et peut rendre de 6000 à 9000 kil. de foin sec. Elle fleurit en mai et juin, et mûrit en juillet. Sa graine tombe facilement de sa panicule. Il faut donc la recueillir avant sa complète maturité.

Cette graine se vend vêtue et enveloppée dans ses glumelles ou balles. La graine nue est très-petite, elle a 1/2 millimètre de diamètre et 2 millimètres de largeur; elle est ovoïde et terminée en pointe par les deux bouts; elle est très-luisante, blanchâtre ou brunâtre. La graine marchande entourée de ses balles est blanchâtre, aplatie, large de 2 millimètres, longue de 3 et marquée dans le sens de sa longueur de stries fixes et parallèles. On s'assurera de la bonne qualité de la graine en vérifiant la présence de la graine nue au sein de la graine vêtue. Cette dernière dissimule souvent des graines stériles et non fécondées.

La *flouve odorante* est la graminée la plus petite de toutes celles qui entrent dans la composition de la prairie Goetz. Elle est reconnaissable à sa couleur verte jaunâtre, à sa panicule en épi cylindrique, à son odeur balsamique, d'abord faible, ensuite très-développée pendant et après la floraison. Elle est très-commune dans les prairies, les pâturages et les bois, sur les chemins et dans les lieux secs et herbeux. Elle fleurit de très-bonne heure, dès le mois d'avril : c'est la plus précoce des graminées de la prairie Goetz. On ne doit pas la semer seule à moins que ce ne soit pour en récolter de la semence pure. Son rendement en foin est toujours très-faible, elle est peu touffue et sa taille varie de 2 à 6 décimètres. Elle sert à parfumer le foin et à le rendre plus appétissant pour le bétail. Elle mûrit en juin. De toutes les graines Goetz elle est la plus facile à reconnaître. La graine marchande est brun foncé, entourée de sa balle, garnie de poils et armée de deux arêtes inégales, le tout de couleur noire; diamètre de 1 mil. 1/2, longueur 3 millimètres. La graine nue, facile à détacher de sa balle, est toute petite, luisante, ovoïde, noirâtre, ayant 1 millimètre de diamètre et 1 mil. 1/2 de longueur.

L'*avoine jaunâtre* ressemble en petit au fromental, on y voit la même inflorescence et l'arête tordue caractéristique des avoines; on la reconnaît en outre à sa couleur jaune qui lui a valu le nom d'avoine

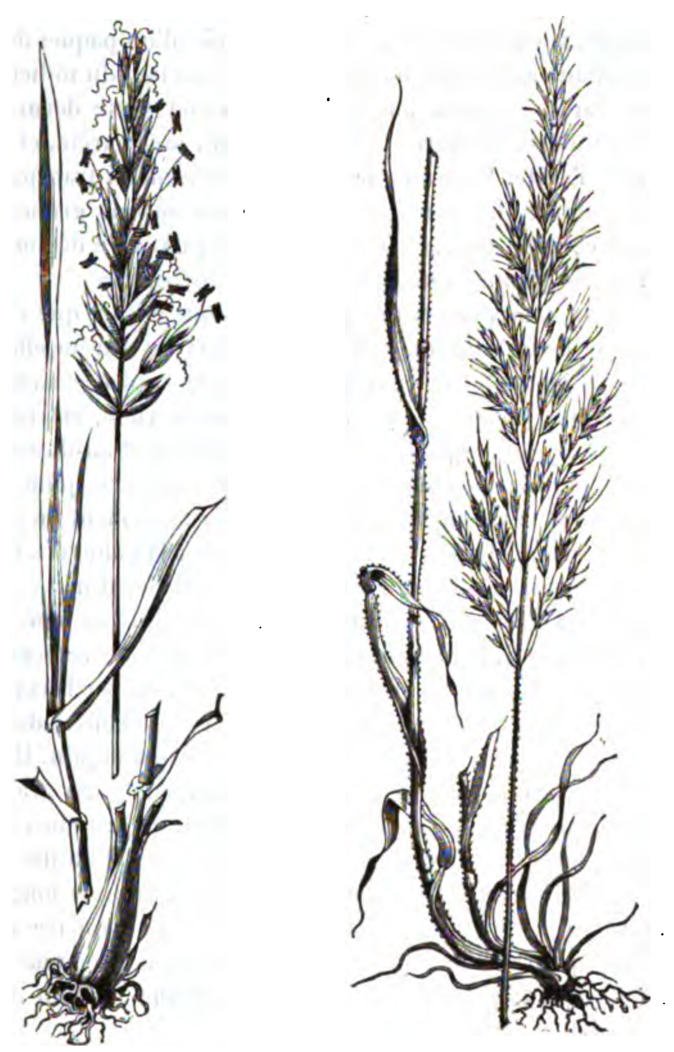


Fig. 5. — Flouve odorante (*Anthoxantum odoratum*).

Fig. 6. — Avoine jaunâtre (*Avena flavescens, Trisetum flavescens*).

blonde. Sa taille est de 4 à 8 décimètres à l'état naturel, et de 9 décimètres par une bonne culture. Seule elle se sème à raison de 30 kil. à l'hectare et rend de 3 000 à 6 000 kilog. Elle est

commune dans les prairies, sur les chemins, et dans les lieux secs et herbeux, toujours plus abondante dans les terres calcaires que dans les sols argileux ou siliceux; elle donne un foin fin, savoureux et très-apprécié du bétail.

Sa graine est entourée de sa balle et munie d'un paquet de poils à la base, d'une arête plus ou moins tordue partant du milieu de la glumelle; l'arête est aussi longue que la graine; cette dernière est blanche, jaunâtre, allongée; longue de 4 mill. sans l'arête, et de 8 à 9 mill. avec l'arête. La graine nue est jaunâtre, demi-transparente, linéaire, conique, terminée en pointe. Beaucoup de graines sont stériles, et ce n'est pas sans difficulté qu'on parvient à dépouiller la graine nue des glumes qui l'entourent avec adhérence.

Le *paturin commun* est une plante plus fine encore que l'avoine jaunâtre, ses fleurs sont complétement dépourvues d'arête, elles sont disposées en panicule de couleur verdâtre ou violacée. Cette graminée, désignée encore sous le nom de paturin rude, est rude au toucher dans toutes ses parties, à la tige, au bord et au-dessous des feuilles, et aux rameaux de la panicule. Ce caractère, joint à une ligule longue et développée, le fait distinguer facilement du paturin des prés, lisse dans toutes ses parties et muni à la gaîne des feuilles d'une ligule courte et tronquée. A l'état naturel le paturin commun s'élève à 4 ou 8 décim. de hauteur, à 9 décim. par une bonne culture. Semé seul, le paturin demande 20 kil. de semence par hectare. Il peut rendre de 4000 à 6000 kil. de foin par hectare.

Le paturin des prés offre le même avantage et se cultive dans des conditions exactement semblables. Il fleurit en mai et juin. Il mûrit en juillet et perd facilement sa graine à la maturité. Sa graine est très-petite; elle reste entourée de ses glumelles, et c'est ainsi qu'elle est vendue; nue, elle est couleur froment et brune à l'un des bouts, elle est ovoïde. Elle a 1/2 mill. de diamètre et 2 mill. de longueur; vêtue, elle est grisâtre, longue de 4 mill. avec un diamètre moyen de 1 mill. et pourvue de stries qui la rendent plus ou moins anguleuse. Cette plante, d'une grande finesse, donne un foin de première qualité.

On ne saurait apporter trop d'attention au choix de la semence; la mauvaise qualité des graines est une cause fréquente d'insuccès. On compromet ainsi les résultats des avances faites au sol sous forme d'engrais et de façons, et on retarde d'au moins une année la production d'une prairie fort chère à établir.

C'est ce qui nous a engagé à faire une description complète et minutieuse des sept graines désignées pour la composition de la prairie Goetz. Pour bien les apprécier, il faut les examiner avec



Fig. 7. — Paturin commun : (*Poa trivialis*).

attention et quelquefois avoir recours à la loupe. On doit s'assurer que les graines vêtues ont été réellement fécondées et qu'elles contiennent une graine nue parfaitement conformée ; c'est ce qu'on

appelle vulgairement l'amande. Si on n'y prend pas garde, au lieu de semer, par exemple, de la houlque laineuse et de l'avoine jaunâtre, on ne sèmera que les balles de ces mêmes graines, dès lors on ne devra pas s'étonner que ces deux graminées n'apparaissent dans la nouvelle prairie. Il faut donc avant tout n'employer que des graines fraîches et bien nourries.

Il faut rejeter impitoyablement les graines mélangées d'une composition indéterminée. Il est beaucoup plus prudent d'employer des graines pures qu'on achète dans des maisons de confiance, ou qu'on produit sur son propre domaine. Si on se décide à acheter de la graine récoltée sur une prairie Goetz, on aura soin d'analyser cette graine plus ou moins variée et de déterminer exactement les graminées dont elle est composée. Il n'est pas sûr qu'on possède dans la semence récoltée toutes les graines de la prairie Goetz. Je suppose, par exemple, qu'on agisse sur une prairie composée principalement de fromental, de dactyle et d'avoine jaunâtre. Si on attend la parfaite maturité du dactyle, il est probable que les deux autres seront trop mûres et tomberont en grande partie sur le terrain au moment de la récolte. Dès lors, la semence qui en proviendra ne donnera que du dactyle. Si on coupe de très-bonne heure, le dactyle ne sera pas mûr, et la semence n'offrira que du fromental et de l'avoine jaunâtre.

Pour ces semences comme pour les engrais chimiques, il faut se résigner à faire ses mélanges soi-même, en agissant sur des espèces bien connues, sur des graines d'une provenance certaine, analysées et étudiées avec le plus grand soin. Sinon, on s'expose à des échecs décourageants et ruineux.

CONCLUSION

Nous connaissons maintenant les plantes de la prairie Goetz, nous pouvons les étudier facilement par la description, par la gravure et au besoin par un herbier qu'on peut sans aucune peine composer des sept graminées en question. Nous les connaîtrons encore plus intimement en les examinant comme plantes spontanées, sur le domaine même que nous exploitons. Qui ne sait qu'on

trouve partout à l'état naturel le fromental, le dactyle, la houlque laineuse et le raygrass, qui sont nos quatre plantes fondamentales et essentielles. Les trois autres plantes accessoires, la flouve odorante, le paturin commun et l'avoine jaunâtre, sont également très-répandues dans tous les pays et dans tous les terrains, à l'exception, toutefois, de l'avoine jaunâtre, qui est beaucoup plus commune dans les régions sèches et calcaires.

Ces sept graminées suffisent largement à toutes les exigences de la prairie Goetz, pourvu qu'on réussisse dans leur premier ensemencement. Il faut les semer sur une terre parfaitement ameublie et nivelée, et répandre séparément les graines de différentes grosseurs, en les enterrant très-superficiellement à 1 ou 2 centimètres de profondeur; ajouter au besoin un peu d'engrais chimique en même temps que la semence pour favoriser le premier développement de la plante.

Une fois l'engazonnement obtenu sur un sol perméable et largement fumé, la prairie Goetz ainsi constituée met entre les mains du cultivateur une puissance de production fourragère d'une valeur considérable, notamment pour les contrées les plus pauvres et les plus déshéritées au point de vue de l'alimentation du bétail. Ce n'est pas un mince avantage que de s'assurer dès la fin de mai 10 000 k. de foin par hectare, avec la chance d'en obtenir encore en deux autres coupes 4 à 5 000 k., pour peu que la température et les pluies intermittentes pendant l'été viennent favoriser la repousse de ces graminées.

Obtenir sur un hectare de mauvaise terre de quoi entretenir deux ou trois têtes de bétail, c'est résoudre un problème d'une importance capitale et bien digne des méditations des hommes les plus dévoués aux progrès et à la prospérité de l'agriculture.

En montrant la route à suivre pour atteindre un tel résultat, M. Goetz et les fermiers qui l'ont aidé dans l'application de ses principes ont rendu à l'agriculture française un service éminent qu'il serait injuste de méconnaître et qu'il est utile de signaler à l'attention publique.

DE L'INFLUENCE DES FEUILLES

SUR LA PRODUCTION DU SUCRE DANS LES BETTERAVES (1)

PAR

MM. B. CORENWINDER et G. CONTAMINE.

Il y a deux à trois années, M. Viollette et M. Corenwinder ont prouvé par des expériences précises que l'on diminue en général la richesse saccharine des betteraves lorsqu'on leur enlève des feuilles pendant le cours de la végétation.

Les conséquences économiques de cette observation n'ont pas échappé aux industriels qui exploitent les betteraves pour en extraire le sucre ou produire de l'alcool. Depuis longtemps, du reste, les plus éclairés d'entre eux soupçonnaient que cette effeuillaison est nuisible; mais il a fallu des expériences précises pour convaincre tout le monde que le dommage occasionné par cette pratique vicieuse est plus considérable qu'on ne le pensait.

Aujourd'hui on sait positivement que l'effeuillaison des betteraves diminue non-seulement leur richesse saccharine, mais encore le rendement à l'hectare. Les cultivateurs ont donc bien tort de persister à faire subir à ces plantes une mutilation qui en fin de compte leur donne de la perte, d'autant plus qu'il est prouvé que la feuille de betterave est une fort mauvaise nourriture pour le bétail. On prétend même qu'elle a la propriété de faire avorter les vaches.

S'il n'est plus contestable désormais que la betterave s'appauvrit en perdant des feuilles, il convient néanmoins d'être fort circonspect au sujet des conséquences physiologiques qu'on peut déduire de ce fait. L'autorité d'un savant illustre dont la science déplore la perte récente (M. Claude Bernard) nous impose le devoir de nous

(1) Une première communication sur ce sujet a été faite par nous à l'Académie des sciences le 18 décembre 1876. Nous avons annoncé alors :

1° Que les feuilles de betteraves contiennent de la glucose et du sucre de canne qui sont localisés principalement dans les nervures.

2° Que les betteraves qui ont des feuilles larges et bien développées sont généralement plus riches en sucre que celles qui ont des feuilles petites et étroites.

abstenir de toute conclusion prématurée; aussi aurons-nous le soin d'insister sur nos recherches en elles-mêmes plutôt que sur leurs conséquences. Notre but actuel est d'apporter notre contribution à l'enquête qui se poursuit sur une des questions les plus intéressantes de la physiologie végétale : la glucogénie dans les végétaux.

I

Dans son mémoire sur l'effeuillaison des betteraves, M. Corenwinder a prouvé que l'appauvrissement du sucre dans ces racines est d'autant plus prononcé que l'ablation des feuilles a été plus considérable. On se rappelle qu'ayant fait enlever *toutes les feuilles* d'une rangée de betteraves dans un champ, celles-ci perdirent, en quarante-quatre jours environ 45 pour 100 de la quantité de sucre qu'elles contenaient au moment où l'opération a eu lieu.

Cette énorme perte est facile à justifier : la plante, ayant été dépouillée de tous ses organes aériens, s'empresse d'en produire de nouveaux; aussi en peu de temps voit-on naître sur le collet de la racine un grand nombre des jeunes pousses qui se développent à la faveur des substances alibiles : sucre, sels, matières azotées qui y étaient mises en réserve. Le sucre, élément essentiellement carboné, est nécessaire aux jeunes pousses pour croître et respirer. En ce cas, la diminution du sucre dans la racine est considérable, parce qu'il ne reste plus de feuilles adultes pour la réparer. On verra plus loin que ces jeunes pousses contiennent du sucre.

Lorsque l'ablation des feuilles n'est que partielle, la diminution du sucre dans les racines est moins prononcée. M. Corenwinder a expliqué cette circonstance de la manière suivante :

En observant attentivement ce qui se passe pendant la végétation de la betterave, on remarque qu'il se produit sans interruption, dans l'axe de la racine, des jeunes feuilles qui d'abord suivent une direction verticale et s'étalent lorsqu'elles sont plus développées. Ces nouveaux organes puisent aussi leurs éléments carbonés dans la racine et ils contiennent une quantité de sucre fort appréciable. Si, dans les conditions normales, les feuilles adultes de la périphérie sont restées intactes, la racine se récupère par leur intermédiaire des pertes qu'elle éprouve par la formation des pousses nouvelles;

mais si les premières ont été enlevées, la restitution est incomplète et la racine s'appauvrit (1).

Dans ce qui précède, nous admettons que les feuilles adultes, en exerçant leur fonction d'assimilation, c'est-à-dire en absorbant l'acide carbonique de l'atmosphère, recueillent les éléments propres à former le sucre qui se localise dans la racine. Or, comme c'est ce qu'il faut prouver, on pourrait nous objecter que notre affirmation est une pétition de principes, si nous ne produisions des raisons plausibles pour la justifier.

C'est ce qui va faire l'objet de ce mémoire.

II

Il y a près d'un siècle qu'on sait que les feuilles des plantes enlèvent à l'atmosphère du gaz acide carbonique et qu'elles dégagent de l'oxygène lorsqu'elles sont exposées à la lumière du soleil. M. Corenwinder a prouvé, il y a environ vingt ans, par des expériences nombreuses qui ont été effectuées en général sur des plantes maintenues dans leur situation normale, que les feuilles peuvent absorber, sous l'influence de la lumière, des quantités d'acide carbonique si considérables qu'on ne peut douter que le carbone qu'elles acquièrent par l'exercice de cette fonction ne soit la base des principes immédiats carbonés : sucre, amidon, huiles, etc., qui se retrouvent en différentes parties de la plante.

Dans un mémoire qu'il a publié en 1858, M. Corenwinder a cité une expérience qui vient à l'appui de cette doctrine scientifique.

Au mois de juin, il a pris dans un champ une betterave avec la terre qui l'environnait, et il a planté le tout avec précaution dans une grande caisse qui, pendant tout le courant de l'été, a été maintenue dans une situation où elle ne recevait pas les rayons du soleil.

Au moment où a eu lieu cette opération, les betteraves voisines du même champ renfermaient 3.79 pour 100 de sucre. On peut donc admettre que celle qui a été prélevée et replantée dans la caisse avait la même richesse.

(1) On s'explique ainsi pourquoi, lorsque l'automne est sombre et pluvieux, les betteraves sont pauvres en matière sucrée. A la faveur de l'humidité, les feuilles du centre se multiplient aux dépens du sucre de la racine, et comme la faculté d'assimilation des feuilles adultes est faible à cause du peu d'intensité de la lumière, la compensation n'a pas lieu. On sait que souvent les betteraves sont plus riches en sucre au mois d'août qu'au mois d'octobre suivant.

Cette dernière resta exposée pendant trois mois à l'ombre absolue. Les feuilles ne prirent aucun accroissement ; il en poussa de nouvelles au centre du collet, mais celles de la périphérie jaunirent et se fanèrent entièrement.

Au mois de septembre suivant, quand on ôta de terre cette betterave, elle n'avait pris aucun développement; sa longueur était d'environ 10 centimètres et sa plus grande largeur de 25 millimètres. Elle ne pesait que 25 grammes. On en fit l'analyse et on constata qu'elle ne contenait plus de sucre. La figure A représente cette betterave à sa grandeur naturelle.



Cette expérience prouve incontestablement que le sucre qui se trouvait dans la racine au moment de la déplantation avait été absorbé par les jeunes pousses qui se sont formées dans l'axe de cette racine. Cette perte n'a pu être réparée, parce que les feuilles adultes, fonctionnant à l'ombre, n'avaient qu'une faculté assimilatrice très-limitée, et du reste, ainsi que nous le disions précédemment, elles se sont altérées en peu de temps.

Cette expérience est évidemment favorable à la doctrine qui attribue aux feuilles un rôle capital dans la vie des végétaux. Elle démontre que l'acide carbonique contenu dans l'atmosphère ne peut être absorbé par les feuilles que sous l'influence de la lumière directe du soleil, et que si cette absorption n'a pas lieu, l'accroissement de la plante est complétement arrêté. D'autres essais de même espèce ont donné à M. Corenwinder des résultats semblables.

Nous allons rappeler encore une expérience d'un autre genre faite par ce physiologiste, laquelle confirme le rôle des feuilles dans la genèse des substances sucrées.

III

Dans un même champ et dans des conditions absolument identiques, on a fait semer en 1872 plusieurs espèces de betteraves. Il y avait parmi elles une variété qui, d'après ce qu'on avait vu antérieurement, ne donnait que des feuilles peu étendues, dressées pour la plupart et fixées sur un petit collet conique (1).

Au mois d'octobre, on a fait les analyses des betteraves récoltées dans ce champ, et voici les résultats trouvés pour celles à petites feuilles comparées à d'autres qui avaient des feuilles plus étendues en surface :

BETTERAVES.	RENDEMENT par hectare.	DENSITÉS des jus.	SUCRE dans 100 gr. de betteraves.
A grandes feuilles.....	48 780 kilos	1055 (5°,5)	10gr, 20
A petites feuilles......	48 230	1045 (4°,5)	8 50

Depuis, d'autres personnes ont fait des observations semblables, notamment les producteurs de graines de betteraves, qui n'ignorent pas qu'il faut éviter de reproduire et de propager les espèces de betteraves à petites feuilles.

Cette seconde observation vient à l'appui de la précédente pour confirmer le rôle important que jouent les feuilles dans l'assimilation du carbone qui entre dans la constitution des principes immédiats hydrocarbonés des végétaux.

Nous allons maintenant, et ce sera le sujet principal de ce mémoire, faire connaître les résultats d'un grand nombre d'expériences que nous avons poursuivies pendant deux années sur cet important sujet.

IV

Lorsqu'on parcourt un champ de betteraves, on remarque que toutes les feuilles de ces plantes n'acquièrent pas le même développement, les feuilles des unes ont de larges surfaces et de grosses nervures médianes, celles des autres ont des nervures minces et un

(1) *Bulletin de la station agronomique du Nord* (fondée par M. Corenwinder), année 1873.

limbe peu étendu. Les nervures et les limbes sont dans un rapport direct.

Dans le but de vérifier si la loi énoncée précédemment est constante, nous avons entrepris, au commencement du mois d'octobre 1876, un grand nombre d'analyses de betteraves ayant des feuilles de différentes grandeurs.

En poursuivant ces essais, nous en avons noté toutes les circonstances, telles que le poids des feuilles, leur nombre, le poids net des racines, etc.

Ayant effectué une première fois les analyses de deux betteraves du champ d'essai, lesquelles avaient des feuilles de grandeur différente, nous avons, par un procédé que tout le monde connaît, pris l'empreinte de ces feuilles en choisissant celles qui de part et d'autre avaient acquis le plus grand développement, et nous les avons conservées comme types.

Nous appellerons type n° 1 celui qui se rapporte aux betteraves à grandes feuilles, et type n° 2 celui des petites feuilles.

Cela fait, nous avons classé toutes les racines essayées dans deux catégories.

La première contenait toutes les betteraves dont les feuilles étaient égales ou *supérieures* au type n° 1 et la seconde toutes celles dont les feuilles étaient égales ou *inférieures* au type n° 2.

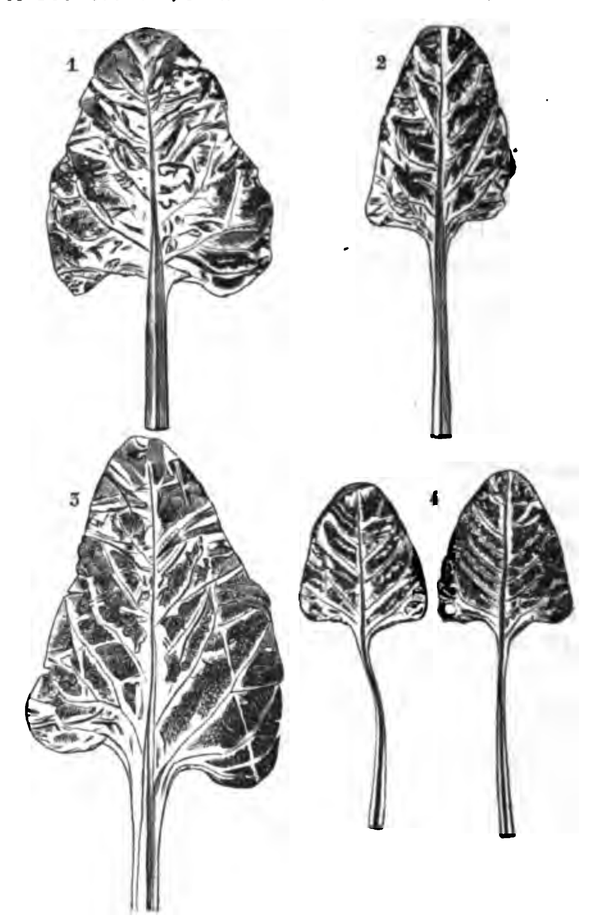
Après avoir terminé ces analyses, nous les avons classées aussi en raison du poids des racines, ainsi qu'on le verra dans le tableau suivant. Cette division est indispensable, car nul n'ignore que généralement les petites betteraves sont plus riches en sucre que les grosses. Il y a cependant de fréquentes exceptions à cette règle, ainsi qu'on peut en juger en examinant les chiffres que nous avons obtenus.

Les influences qui modifient la genèse du sucre dans les racines sacchariféres sont nombreuses. On les connaît pour la plupart, mais il en est encore d'ignorées. C'est à les découvrir que doivent s'appliquer le physiologiste et le praticien.

En examinant dans le tableau suivant les analyses effectuées en 1876, on remarque que les betteraves à grandes feuilles ont donné des jus dont la densité et la richesse saccharine moyennes sont notablement supérieures à celles des jus de betteraves à petites feuilles. Un fait aussi frappant nous a paru devoir mériter confirmation et nous avons résolu de recommencer nos essais sur ce sujet l'année suivante.

Au mois d'avril 1877, dans une terre convenablement labourée

et fumée, nous avons fait semer des graines de betteraves d'une origine commune et conséquemment bien identiques. Ces graines avaient été améliorées par la sélection, et, comme on le verra dans le tableau où sont représentés les résultats de toutes nos expériences, elles ont donné des betteraves fort riches en sucre, même dans les terres fertiles de l'arrondissement de Lille.



Les analyses des betteraves ont été effectuées au mois de septembre, deux semaines plus tôt que l'année précédente. Nous avons pris cette précaution pour éviter une cause d'erreur dont il sera question plus loin.

Les deux types qui ont servi de classement pour les analyses sont représentés par les figures 1 et 2.

Cette année-ci la différence moyenne entre les richesses saccha-

rines des betteraves n'a pas été aussi grande que l'année précédente. Il faut en attribuer la cause à l'uniformité de l'espèce. Les dimensions des feuilles étaient plus régulières. Il existait bien entre elles des différences appréciables, comme le montrent les figures 1 et 2, mais il y en avait peu qui s'écartassent sensiblement de ces deux types. Néanmoins la supériorité, au point de vue de la richesse saccharine, des betteraves à larges feuilles sur celles à petites feuilles, est assez accentuée pour ne pas laisser de doutes sur l'influence que ces organes exercent (1).

C'est ce dont on jugera en examinant le tableau suivant, dans lequel nous avons inscrit les résultats des deux années d'observation :

ESSAIS COMPARATIFS DE LA RICHESSE DES BETTERAVES AYANT DE GRANDES OU DE PETITES FEUILLES.

POIDS des betteraves.	1876				1877			
	PETITES FEUILLES		GRANDES FEUILLES		PETITES FEUILLES		GRANDES FEUILLES	
	Densités des jus.	Sucre dans 1 décil. de jus.	Densités des jus.	Sucre dans 1 décil. de jus.	Densités des jus.	Sucre dans 1 décil. de jus.	Densités des jus.	Sucre dans 1 décil. de jus.
gr. gr.	deg.	gr.	deg.	gr.	deg.	gr.	deg.	gr.
300 à 400	4.9	9.97	5.9	12.91	6.3	14.20	6.7	15.28
	5.3	10.55	6.5	14.39	6.4	14.56		
400 à 500	4.4	8.66	5.0	9.15	5.7	11.91	6.1	13.57
	4.7	9.20	5.3	11.52			6.2	13.75
			6.0	12.85			6.5	14.74
			6.0	13.08				
500 à 600	4.4	8.31	5.2	10.42	6.1	13.31	6.6	14.92
	4.8	9.30	5.3	11.23	6.1	13.48		
	4.9	10.13	5.3	11.29	6.2	13.85		
600 à 700	3.9	6.82	5.2	10.56	5.9	13.19	6.2	14.01
	4.3	8.21	5.2	10.79			6.3	14.20
	4.5	8.45	5.3	11.04			6.3	14.38
			5.5	11.77			6.3	14.38
			5.5	11.86				
700 à 800	4.4	8.45	4.7	9.16	5.2	10.60	5.5	11.59
			4.8	9.61			5.9	12.90
							6.2	13.40
							6.5	14.83
800 à 900	3.5	6.21	4.6	8.90	4.2	8.00	5.3	11.43
	4.0	7.89	5.2	10.70				
			5.4	11.54				
900 à 1000	4.2	7.91	4.8	9.32	5.0	10.30	5.7	12.57
	4.5	8.71						
	4.7	8.99	5.7	11.77				
1000 à 1100	4.2	7.35	4.5	8.75				
	4.2	7.42	4.8	9.53				
1200 à 1300	3.4	5.65	4.4	8.25				
			4.9	9.64				
Moyennes	4.4	8.23	5.1	10.79	5.7	12.35	6.1	13.73 (1)

(1) On sait qu'en 1877 les betteraves ont été généralement plus riches en sucre qu'en l'année 1876.

(1) Au point de vue pratique, cette observation est très-importante. Les fabricants de sucre et les cultivateurs qui se préoccupent d'améliorer les betteraves à sucre par la

Cependant il se trouvait encore dans le champ d'expériences de l'année 1877 de rares sujets dont les feuilles présentaient des écarts plus grands que les types n°s 1 et 2. Nous en avons choisi deux qui portaient les feuilles représentées par les types n°s 3 et 4 et nous avons fait les analyses des racines. Les voici :

BETTERAVES.	POIDS des racines.	DENSITÉ des jus.	SUCRE dans 1 décilitre de jus.
N° 3. A grandes feuilles...	880 gr.	1053 (5°3)	11gr43
N° 4. A petites feuilles.....	860	1042 (4°2)	8 09

Ici la différence des richesses saccharines des racines est aussi prononcée que celle des grandeurs des feuilles. La loi que nous croyons pouvoir établir reçoit donc de cette nouvelle comparaison une confirmation très-satisfaisante.

Dans les recherches qui précèdent nous nous sommes attachés à comparer les richesses saccharines des betteraves aux surfaces des feuilles sans tenir compte du nombre de celles-ci ni de leurs poids. Toutefois, comme il était important de savoir s'il existe un rapport direct entre ces autres éléments d'appréciation et le sucre trouvé dans la racine, nous avons eu le soin à chaque opération de peser la totalité des feuilles et de les compter.

Dans cet examen, nous n'avons pas trouvé de relation bien manifeste entre le nombre des feuilles et la quantité du sucre contenu dans la racine. Ce résultat incertain ne nous a pas étonnés. Pour la betterave comme pour tous les végétaux en général, les fonctions des feuilles diffèrent suivant les âges.

Les plus jeunes feuilles de la betterave, celles qui s'élèvent verticalement dans l'axe de la racine, respirent abondamment, elles consomment le sucre de la racine et elles n'assimilent que dans une proportion relativement faible l'acide carbonique de l'atmosphère. Au contraire, les grandes feuilles étalées de la périphérie du collet exercent avec une suprématie marquée la fonction assimilatrice et elles respirent avec moins d'activité. Le résultat final doit donc dépendre de la prépondérance de la fonction assimilatriee sur la fonction respiratoire, c'est-à-dire du rapport dans lequel s'exercent les rôles opposés des feuilles et non pas de leur quantité.

sélection devront choisir, pour la reproduction, celles qui ont de larges feuilles de préférence à celles qui en ont de petites.

Quant à la relation qui peut exister entre le poids total des feuilles des betteraves et la richesse saccharine de leurs racines, nos déterminations de 1876 ne nous ont pas donné des résultats concluants à cet égard. Nous en avons découvert la raison : cette année-là nos opérations ont eu lieu au commencement du mois d'octobre, et à cette époque la betterave approchant de sa maturité, les plus grandes feuilles qui entourent le collet sont entièrement fanées; il ne nous a donc pas été possible d'obtenir des résultats exacts.

Aussi, en l'année 1877, avons-nous eu le soin de faire nos analyses et toutes les observations qu'elles impliquent dans la seconde quinzaine de septembre, alors que les feuilles extérieures étaient encore intactes; cette fois-ci les résultats ont été plus concluants, les betteraves les plus riches étaient, à peu d'exceptions près, celles dont la totalité des feuilles avait le plus grand poids et réciproquement (1). Toutefois, nous avons acquis la certitude que les déductions qui résultent de ces comparaisons n'ont pas autant de netteté et de précision que celles qui dérivent des grandeurs relatives des feuilles adultes.

D'après les résultats qui précédent, il ne nous semble plus possible de mettre en doute ce rôle essentiel des feuilles dans la végétation de la betterave : ce sont bien ces organes qui approvisionnent la plante de l'élément carboné qui, par une élaboration encore mystérieuse, engendre le sucre que la racine fixe et réserve pour des besoins ultérieurs. Ainsi qu'on l'admet depuis longtemps, du reste, tous les principes hydrocarbonés des végétaux ont sans doute la même origine.

Les expériences dont nous venons de rendre compte nous ont amenés à rechercher par l'analyse chimique s'il y a du sucre dans les feuilles de la betterave, quelle en est la nature, la quantité, dans quelle partie des feuilles ce principe immédiat se trouve localisé (2). C'est dans le but d'élucider cette question que nous avons fait les recherches dont nous allons rendre compte.

V

Lorsque, il y a deux années, nous avons commencé l'étude chimique du sucre dans les feuilles des betteraves, nous n'avons pas

(1) Cette observation a été aussi faite par M. Dehérain (*Annales agronomiques*).

(2) M. Isidore Pierre a annoncé à l'Académie, en même temps que M. Corenwinder, que les feuilles des betteraves contiennent du sucre. Longtemps auparavant, du reste, la même observation a été faite par M. Dehérain.

tardé à nous apercevoir que c'est principalement dans les nervures médianes des feuilles que ce principe immédiat se trouve en quantité notable ; dans les nervures secondaires il y en a moins; dans le parenchyme même de ces organes, il paraît difficile d'en déterminer la quantité avec exactitude.

De quelques essais précis que nous avons effectués au mois d'octobre 1876, nous pouvons conclure que dans les côtes des feuilles de la betterave, le sucre se trouve principalement à l'état de glucose. En effet, le jus extrait de ces côtes réduit abondamment le tartrate cupro-potassique et il dévie à droite le plan de polarisation de la lumière. Il renferme aussi une certaine quantité de sucre cristallisable.

Nous avons recommencé ces recherches dans le courant de l'été 1877, en opérant sur les nervures médianes de toutes les feuilles de la betterave, aussi bien celles du centre du collet que celles de la périphérie.

Voici les chiffres de ces analyses :

SUCRE CONTENU DANS LES NERVURES PRINCIPALES DE TOUTES LES FEUILLES DES BETTERAVES, A DIVERSES ÉPOQUES DE LA VÉGÉTATION.

DATES DES ESSAIS.	POIDS TOTAL des feuilles d'une betterave.	GLUCOSE dans 100 gr. de côtes.	SUCRE cristallisable dans 100 gr. de côtes.
1877 Juin 29	gr. 67	gr. 1.400	gr. 0.490
Juillet 13	127	1.746	0.545
Août 2	288	2.042	0.258
Août 14	525	2.070	0.224

Au mois de juin les limbes des feuilles (moins les nervures médianes) contenaient pour 100 :

Glucose	0gr,280
Sucre cristallisable	0 150
Ensemble	0gr,430

C'est-à-dire une quantité beaucoup moindre que les côtes médianes dans lesquelles il se trouvait :

Glucose	1gr,400
Sucre cristallisable	0 490
	1 890

Si l'on examinait cette question d'une façon superficielle, on croirait pouvoir conclure de suite que le sucre contenu dans les feuilles y a été créé en totalité par l'action assimilatrice de ces organes et élaboré par eux. La conclusion serait prématurée, ainsi que nous allons le démontrer.

En général, c'est une erreur de croire que les phénomènes naturels dérivent d'une cause simple et unique. Quand on les étudie avec soin, on reconnaît très-souvent, au contraire, qu'ils sont complexes, que les causes qui les régissent sont multiples et semblent agir dans des sens opposés. C'est ce qui arrive dans le cas qui nous occupe.

Il faut considérer qu'une plante n'est pas un être simple, c'est un assemblage de cellules reliées entre elles par des fibres qui les consolident et des vaisseaux distributeurs de la séve; ces cellules contiennent des organismes différents par la composition chimique et exerçant des fonctions distinctes. On sait que la partie essentiellement active et vivante de la cellule, c'est le protoplasma, matière azotée et phosphorée qui respire comme les animaux et qui se nourrit comme ces derniers à l'aide de substances élaborées contenant les principes qui lui sont nécessaires pour vivre et se multiplier.

Or le protoplasma existe en assez grande quantité dans les jeunes pousses qui se forment au centre du collet de la betterave. Cette matière vivante prélève sa nourriture dans la racine, elle y puise non-seulement des substances azotées et des sels, mais encore la matière sucrée qu'elle modifie avant de se l'assimiler.

Ce qui justifie la dernière partie de cette proposition, c'est la composition chimique des jeunes pousses qui prennent naissance sur les betteraves que l'on conserve en silo pendant l'hiver. Il y a quelques années, M. Corenwinder a fait l'analyse de ces organes naissants, et il a trouvé qu'ils avaient la composition suivante.

Eau		87.800
Sucre cristallisable		0.520
Glucose		3.310
Substances azotées		3.462
Cellulose, pectose, acide organique, etc		3.288
Acide phosphorique	0.211	1.620
Potasse, soude, magnésie, chlore, silice, etc.	1.409	
		100.000

Ces feuilles à l'état normal renferment :

Azote .... 0.554 p. 100

Un second essai effectué sur des pousses de même dimension prises sur d'autres betteraves a donné :

Sucre cristallisable	0.450
Glucose	3.224
	3.674

Par analogie on pouvait prévoir que les feuilles nouvelles qui se produisent constamment pendant la croissance de la betterave, dans l'axe de la racine, au centre du collet doivent contenir aussi une notable portion de sucre. Les analyses suivantes justifient cette manière de voir et elles prouvent que ce sucre est de même nature que celui des jeunes pousses.

Nervures médianes des feuilles en voie de formation.

1er essai, 27 septembre.	Glucose	3.200	
	Sucre cristallisable	0.571	
		3.771	p. 100
2e essai, 5 octobre	Glucose	3.310	
	Sucre cristallisable	0.601	
		3.911	p. 100

Pour ces jeunes feuilles internes dont les limbes ne sont pas encore étalés, il n'est pas douteux que le sucre qu'elles renferment provient de la racine, car ces jeunes organes riches en protoplasma ne peuvent vivre qu'à la faveur d'une nourriture déjà élaborée, et ils ne jouissent encore qu'à un faible degré de la faculté d'assimilation proprement dite.

Les résultats qui précèdent nous ont amenés à faire de pareilles recherches sur les côtes des feuilles de la périphérie du collet, c'est-à-dire sur des feuilles adultes, étalées, qui, exposées à l'action du

soleil, absorbent avec énergie l'acide carbonique de l'air. Ces essais ont eu lieu le même jour que les précédents et sur les mêmes betteraves.

Voici les chiffres trouvés :

1er essai, 27 septembre.	Glucose...............	1.846
»	Sucre cristallisable.....	0.266
		2.112 p. 100
2e essai, 5 octobre.....	Glucose...............	2.000
	Sucre cristallisable.....	0.295
		2.295 p. 100

Ici le problème se complique. Le sucre qui se trouve dans les côtes des feuilles adultes vient-il en totalité de la racine? Fait-il partie de la séve qui s'élève de la racine dans les parties aériennes de la plante pour nourrir la substance active et vivante des cellules et servir à sa respiration? ou bien est-il dû en totalité à l'acte assimilateur de la chlorophylle; est-il le produit direct d'une élaboration qui a lieu dans les feuilles? Ne peut-on pas admettre que sa présence dans les côtes soit due à ces deux causes réunies? Peut-être enfin faudra-t-il rechercher dans la tige et les feuilles de la plante une substance intermédiaire, à l'état transitoire, une substance *glucogène* qui se répand dans la racine où elle est élaborée et fixée à l'état de sucre parfait?

Quoi qu'il en soit, il ne reste pas moins acquis par nos expériences que le carbone fixé, en raison du sucre formé dans la plante, est en relation de quantité avec la grandeur des feuilles, et comme il est facile de prouver que celles-ci puisent pendant le jour, dans l'atmosphère, des volumes d'acide carbonique d'autant plus considérables qu'elles ont plus de surface, il est rationnel d'admettre que le premier fait est la conséquence du second (1).

Si nos recherches n'ont pas résolu le difficile problème de la glucogénie dans les végétaux, on ne niera pas qu'elles en ont avancé la solution. Elles ont ouvert de nouveaux horizons, étendu le cercle de nos connaissances sur cet important sujet. Aussi espérons-nous qu'on voudra bien reconnaître que nos efforts n'ont pas été inutiles pour la science.

(1) L'un de nous a prouvé, il y a plus de vingt ans, que la quantité de carbone que les feuilles acquièrent en assimilant l'acide carbonique de l'air est si importante, qu'elle suffit pour justifier l'accroissement des plantes qui poussent avec le plus de rapidité.

ÉTUDE SUR LA FERMENTATION LACTIQUE DU LAIT

SUIVIE DE RECHERCHES SUR LA COMPOSITION DU LAIT SÉCRÉTÉ PAR LES VACHES DE DIFFÉRENTES RACES,

PAR

EUGÈNE MARCHAND

La détermination de la nature et du nombre des éléments dont le lait est formé, ainsi que celle de leurs propriétés relatives, non-seulement chez les différentes espèces de mammifères, mais encore pour les différentes races de chaque espèce, est un problème dont la solution, vivement réclamée par la physiologie, ne peut être trouvée que dans les laboratoires où la matière assujettie aux opérations qui la caractérisent est saisie, appréciée et mesurée ou pesée sous tous les états qu'elle peut affecter.

Le lait, pour cette cause, a été l'objet des préoccupations constantes des chimistes, et un grand nombre de noms illustres dans la science se trouvent attachés à son histoire. Malgré cela, si la nature des principes immédiats qui entrent dans sa composition est bien connue en général, il faut bien reconnaître aussi, et il est utile de constater, qu'à l'époque où nous sommes, les limites des oscillations présentées par leurs quantités dans le fluide sécrété par les mamelles de femelles de même race ne sont pas déterminées encore avec la précision que réclame l'importance du sujet, et que la composition moyenne du produit considéré selon son origine est encore elle-même à déterminer.

Depuis trente ans environ que cette question d'ordre supérieur est entrée, en quelque sorte par la force des choses et les nécessités de ma situation, dans mes préoccupations quotidiennes, j'ai toujours été vivement frappé des divergences extrêmement considérables que j'observais d'un côté dans les résultats obtenus par des manipulateurs aussi habiles que distingués, et la concordance qui s'établissait d'autre part entre ceux obtenus par d'autres chimistes non moins expérimentés et ceux que j'obtenais moi-même.

En présence de ces écarts étonnants qui me paraissaient peu en harmonie avec la réalité, j'ai dû saisir de cette question l'Association française pour l'avancement des sciences, lorsqu'elle vint tenir au Havre son congrès annuel en 1877. Et depuis, j'ai traité

aussi cette question devant les délégués des sociétés savantes et au sein de l'Association scientifique des pharmaciens de France, dont les réunions ont eu lieu d'une part à la Sorbonne et d'autre part à l'École de pharmacie de Paris pendant les vacances de Pâques de cette année.

Persuadé alors que les écarts dont je me préoccupais étaient dus aux procédés employés pour opérer l'analyse du lait, j'ai signalé les inconvénients qui m'apparaissaient dans chacun de ceux dont on se sert, et j'ai fait connaître celui qui est adopté dans mon laboratoire. J'ai réclamé en même temps l'adoption d'une méthode d'essai uniforme, capable de conduire à des résultats sur l'exactitude desquels il fût possible de compter. Les divers mémoires que j'ai présentés sur cette question aux différentes sociétés dont j'ai parlé, ont été résumés ou publiés dans les actes de l'Association française (congrès du Havre), dans le *Journal de pharmacie et de chimie* (juin 1878), et dans les *Annales agronomiques* de M. Dehérain (cahier de juillet). Je n'ai donc pas à revenir ici sur les faits dont je me suis préoccupé, mais j'aurai encore, néanmoins, à m'expliquer dans le présent mémoire sur diverses questions relatives à l'examen chimique du lait.

C'est qu'en effet si, dans les publications que je viens de rappeler, j'ai insisté sur la nécessité qui s'impose aux expérimentateurs de déterminer la proportion de l'acide lactique libre qui peut être contenu dans le lait au moment où on le soumet à l'analyse, j'ai négligé de faire connaître le mode d'appréciation de ce principe auquel je me suis arrêté. Ce renseignement m'a été demandé dans ces derniers temps, mais dans tous les cas il me paraît utile de le donner aujourd'hui, car si le lait dans son état normal, lorsqu'il est fourni par un animal doué d'une bonne santé, est presque toujours acide, comme tous les physiologistes le savent, il ne faut pas oublier de constater ici que parmi les chimistes qui se sont livrés à son examen, il serait impossible, à l'époque actuelle, d'en citer un seul qui ait essayé de déterminer la proportion du corps susceptible de rougir le papier bleu de tournesol et de neutraliser les alcalis, dont ils auraient dû au moins signaler la présence. Moi-même, dans mes travaux antérieurs, j'ai négligé, comme tous ceux qui m'ont précédé ou suivi dans cette voie, de satisfaire à cette obligation.

Cette négligence si générale est d'autant plus singulière que le

phénomène est connu de tout le monde, et que la dose d'acide libre contenu dans le liquide au moment où il sort des mamelles s'élève ordinairement à plusieurs grammes par litre. Les termes extrêmes de la proportion que j'ai constatée jusqu'à présent (sur une centaine d'échantillons de provenances diverses) oscillent entre 0gr,82 et 4gr,22. Comparée à celle des autres éléments, elle est relativement considérable, puisqu'elle peut s'élever à un douzième et même à un huitième du poids des matières protéiques concomitantes avec elle dans le lait, et que, lorsque l'on soumet celui-ci à l'analyse, elle en exagère alors la quantité dans des rapports quelquefois encore plus rapprochés, puisque ces matières étant habituellement dosées par différence, leur poids se trouve encore accru de celui de tous les éléments qu'il importe de doser et que l'on a tort de ne pas apprécier.

Mais si le lait dans son état normal est ordinairement doué d'une réaction acide au moment où il est tiré des mamelles, il possède aussi une propriété qui a pour résultat d'augmenter l'intensité de cette réaction : il s'aigrit à partir du moment où il a subi le contact de l'air, si on le conserve abandonné à lui-même dans un vase ouvert ou même fermé. Alors une certaine quantité de la matière sucrée qu'il renferme disparaît en subissant les effets de la fermentation lactique, tandis que les éléments dont elle est formée, se groupant dans un ordre différent, se métamorphosent en acide lactique et en eau, dont le poids total est égal au sien, ainsi que j'ai pu m'en assurer par des expériences multipliées.

Cela, d'ailleurs, est conforme à la formule de la réaction qui s'établit ainsi :

$$C^6H^6O^6 = C^6H^5O^5 + HO$$

Lactine = Acide lactique + Eau.

Il résulte de là que chaque gramme de lactine pure se transforme en un gramme d'acide lactique monohydraté (L,HO) ou bien en 0gr,90 d'acide lactique anhydre (L) lorsqu'elle subit la fermentation lactique.

La commodité du rapport 1 : 1 est telle que partout dans ce mémoire, lorsque je mentionnerai des transformations de la lactine en acide lactique, ou que j'indiquerai les résultats des dosages de cet acide que j'aurai opérés, mes indications se rapporteront toujours à l'acide monohydraté. Par conséquent, lorsque l'on voudra

connaître le poids exact de tous les éléments constitutifs du lait dont la composition sera indiquée, il sera nécessaire de diminuer de un dixième de son poids le poids de l'acide indiqué, le dixième ainsi défalqué étant de l'eau dont la quantité devra être ajoutée à celle du même liquide révélée par l'analyse.

Il résulte donc de ceci que le lait qui a subi la fermentation lactique laisse, lorsqu'on le soumet à l'évaporation, un résidu solide moins lourd que celui qui n'a pas éprouvé cette altération. La différence dans ce cas est égale au poids de l'eau éliminée de la constitution de la lactine tandis qu'elle passe à l'état d'acide lactique. Il est par conséquent toujours facile d'en apprécier l'importance et de rétablir par le calcul le poids vrai du résidu solide que le lait aurait laissé s'il n'eût pas été altéré.

La fermentation spontanée du lait, surtout pendant les chaleurs de l'été, commence aussitôt que ce liquide est exposé à l'air; mais elle marche très-lentement d'abord, puis elle s'accélère jusqu'à l'instant où le caséum se sépare en donnant naissance au phénomène de la coagulation, qui se manifeste ordinairement lorsque le lait contient les 7 à 8 millièmes de son poids d'acide lactique libre. La fermentation continue encore ensuite de produire ses effets, mais son activité se ralentit et s'arrête d'une façon à peu près complète lorsque le liquide renferme par litre 12 à 13 grammes de l'acide indiqué. A cet égard voici quelques expériences qui jettent un peu de clarté sur la marche du phénomène.

Le 22 juillet à cinq heures du soir, on a tiré le lait de deux chèvres, puis on l'a immédiatement soumis à l'action des réactifs pour déterminer les quantités de lactine et d'acide lactique libre qu'il contenait. On l'a abandonné ensuite à la fermentation spontanée, et l'on a déterminé chaque jour le degré de l'altération produite. Voici pour les deux échantillons les résultats obtenus, et ramenés pour chacun d'eux à la constitution d'un litre de liquide normal :

ÉPOQUES DE L'OBSERVATION du lait.	TEMPS écoulé entre chaque observation	LAIT N° 1. — ÉLÉMENTS APPRÉCIÉS. Lactine. Dosée.	Lactine. Disparue.	Acide lactique. Dosé.	Acide lactique. Produit.	LAIT N° 2. — ÉLÉMENTS APPRÉCIÉS. Lactine. Dosée.	Lactine. Disparue.	Acide lactique. Dosé.	Acide lactique. Produit.
	heures.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Au sortir du pis....	»	45.47	»	1.34	»	46.28	»	1.33	»
23 juillet à 10 h. du matin...........	17	45.27	0.20	1.54	0.20	45.90	0.38	1.71	0.38
24 juillet à 10 h. du matin...........	24	38.21	7.06	8.53	7.09	40.04	5.86	7.58	5.87
25 juillet à 10 h. du matin...........	24	35.77	2.44	11.05	2.41	37.92	2.12	9.68	2.10
26 juillet à 10 h. du matin...........	24	35.63	0.14	11.16	0.11	37.26	0.66	10.32	0.64
28 juillet à 10 h. du matin...........	48	34.78	0.85	12. »	0.84	35.77	1.49	11.79	1.47
3 août à 10 h. du matin...........	144	34.18	0.60	12.63	0.63	34.07	1.70	13.47	1.68
10 août à 10 h. du matin...........	168	34.02	0.16	12.80	0.17	33.92	0.15	13.64	0.17

Le 24 juillet, au moment de leur examen, les laits commençaient à se coaguler. Le n° 1 était plus avancé que le second.

Des observations analogues entreprises sur le lait de deux vaches traites le 4 août à cinq heures du soir ont donné à leur tour les résultats indiqués dans ce nouveau tableau :

ÉPOQUES DE L'OBSERVATION du lait.	TEMPS écoulé entre chaque observation	LAIT N° 1. — ÉLÉMENTS APPRÉCIÉS. Lactine. Dosée.	Lactine. Disparue.	Acide lactique. Dosé.	Acide lactique. Produit.	LAIT N° 2. — ÉLÉMENTS APPRÉCIÉS. Lactine. Dosée.	Lactine. Disparue.	Acide lactique. Dosé.	Acide lactique. Produit.
	heures.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
4 août à la sortie du pis.............	»	?	?	2.64	»	»	»	2.52	»
5 août à 11 h. du matin...........	18	52.90	»	3.37	0.74	52.57	»	2.95	0.43
6 août à 11 h. du matin...........	24	45.06	7.84	11.20	7.83	44.66	7.91	10.90	7.95
7 août à 11 h. du matin...........	24	44.47	0.59	11.80	0.60	43.88	0.78	11.70	0.80
8 août à 11 h. du matin...........	24	44.42	0.05	11.82	0.02	43.78	0.10	11.72	0.02
10 août à 11 h. du matin...........	48	44.08	0.34	12.16	0.34	43.03	0.75	12.46	0.74

Les deux échantillons, examinés le 6 août, étaient coagulés au moment de l'observation.

Des expériences instituées par M. Charles Marchand dans le même esprit que les précédentes et avant elles, sur des laits de chèvre, de vache et de femme, l'avaient conduit à des résultats semblables : dans les laits de vache et de chèvre, le caséum s'était séparé lorsque le liquide était arrivé à contenir par litre plus de 7 grammes d'acide lactique libre, 8 grammes environ, et la fermentation s'était arrêtée presque complétement lorsque la proportion d'acide s'était trouvée voisine de celle qui a été indiquée : 11 à 12 grammes.

En présence de tous les chiffres posés dans les deux tableaux précédents, il m'a semblé bien démontré que tandis qu'ils subissent la fermentation spontanée, les laits de vache et de chèvre ne se chargent pas d'alcool, quoique le contraire ait été indiqué. Le phénomène de la fermentation lactique ne se complique, dans ce cas, d'aucun autre phénomène secondaire. Il n'en est plus de même lorsque l'on ajoute du glucose ou du sucre cristallisable au lait abandonné au contact de l'air, et que l'on prend le soin de neutraliser tous les jours avec un alcali l'acide produit. Il se forme chaque jour une nouvelle quantité de celui-ci, et cette production s'accélère de jour en jour, jusqu'à complète disparition des matières sucrées; mais en même temps il se produit aussi une petite quantité d'alcool. Dans ce cas ces transformations s'accomplissent avec plus de rapidité lorsque le lait est étendu d'eau.

Voici les expériences qui servent de base à cette opinion :

Quatre échantillons de lait de vache normal ont été abandonnés à l'air libre dans les conditions suivantes :

A. 50 centimètres cubes de lait pur;
B. 50 — — additionnés de 50cc d'eau distillée;
C. 50 — — — de 5 grammes de sucre;
D. 50 — — — de leur volume d'eau distillée avec 5 grammes de sucre.

Les résultats obtenus s'établissent ainsi qu'il suit pour un litre de lait normal mis en expérience :

TEMPS ÉCOULÉ entre CHAQUE OBSERVATION.	ACIDE LACTIQUE FORMÉ			
	A	B	C	D
Au commencement....	gr. 2.32	gr. 2.32	gr. 2.32	gr. 2.32
24 heures...........	7.84	8.10	9.26	10.95
24 —	10. »	11.68	10.73	13.68
24 —	10.63	12.37	11.16	13.79
24 —	11.37	13.79	12.12	13.90
24 —	8.50	4.42	15.37	17.37
24 —	1.59	Toute la lactine est disparue	18.10	19.89
24 —	Toute la lactine est disparue		21.80	28.80
48 —			27.26	25.55
			Il n'y a plus de sucre ni de lactine	Il n'y a plus de sucre ni de lactine
Acide produit........	52.55	52.68	128.12	146.25
Alcool mesuré........	» »	» »	24cc6	traces sensib.

Le lait soumis aux expériences contenait par litre 52gr,43 de lactine. Les résultats obtenus prouvent bien que dans les échantillons A et B (lait pur et lait allongé d'eau) toute la lactine s'est transformée en acide lactique, mais plus vivement dans B que dans A (1). Quant aux échantillons C et D, ils témoignent aussi d'une activité de la fermentation lactique plus intense et plus rapide sous l'influence de l'eau. C a donné moins d'acide lactique que D, mais en revanche il a donné 24cc,6 d'alcool, tandis que D n'en a fourni à la distillation qu'une quantité trop faible pour être appréciée avec exactitude à l'aide de l'alcoolomètre. La quantité d'alcool dosé dans l'échantillon C est supérieure à celle indiquée par la théorie. Si l'on en juge d'après la quantité d'acide lactique dosé par la neutralisation, elle n'aurait pas dû être supérieure à 18 ou 19 centimètres cubes; mais tandis que la fermentation alcoolique s'accomplit, il y a toujours production d'acide carbonique dont la liqueur retient une certaine quantité en dissolution. En raison de cette circonstance il me paraît probable, certain même, que la dose d'acide lactique appréciée dans les échantillons C et D est un peu trop considérable.

(1) M. Fremy a obtenu précédemment des résultats concordants avec ceux qui sont mis en évidence par les transformations que l'échantillon A a subies. Ce chimiste éminent a constaté que sous l'influence des neutralisations successives accomplies à l'aide d'un alcali, toute la lactine disparaît et se transforme en acide lactique.

Il n'y a pas lieu cependant de se préoccuper de ce petit accident. La question que je désirais élucider se trouve, en effet, résolue d'une façon très-nette : le sucre cristallisable ajouté au lait qui s'aigrit éprouve tout à la fois la fermentation lactique et la fermentation alcoolique, la première avec plus d'énergie que la seconde.

L'examen des chiffres posés au tableau permet de reconnaître que les phénomènes généraux de la fermentation du lait se modifient en présence du sucre de canne, puisque ces phénomènes, sous cette influence, continuent à se développer, en s'accélérant, dans des liqueurs où l'acide lactique se trouve en quantité plus que double de celle qui arrête leur accomplissement lorsque la lactine seule est en cause. Je rechercherai plus tard la raison de cette diversité d'effets.

Quoi qu'il en soit, remarquons en passant que, si l'on voulait préparer de l'acide lactique au moyen du glucose ou du sucre cristallisable dissous dans le lait, il y aurait avantage à couper ce lait de son volume d'eau, puisque l'on obtiendrait alors sous forme de lactate alcalin la presque totalité du rendement indiqué par la théorie pour le cas d'une fermentation complète (1).

En présence de tous les résultats qui viennent d'être exposés, et qui ont été obtenus, comme je l'ai dit, par une température dont la moyenne a oscillé entre 19 et 23 degrés, j'ai pensé qu'il était utile de suivre d'une façon plus détaillée le mode selon lequel se développe la fermentation spontanée du lait sous l'influence de la température indiquée. Voici les nouveaux résultats que cette étude m'a procurés. La lettre C, placée dans chaque colonne à gauche des chiffres posés, indique le moment où le lait examiné présentait pour la première fois à l'observateur le caséum en état de coagulation. La marche du phénomène a été suivie pendant trente heures. Les échantillons ont tous été placés dans des conditions de température et d'exposition à l'air bien identiques. Les différences des résultats obtenus pour chacun d'eux comparé aux autres, dans la marche de la fermentation, ne doivent donc être attribuées qu'à la constitution même de chaque liquide mis en expérience.

(1) En neutralisant les liqueurs avec de la potasse, et les concentrant à la température de l'ébullition, en consistance sirupeuse, l'on obtient du premier jet des cristaux bien blancs de lactate de zinc, si l'on mélange le sirop avec une dissolution saturée à chaud d'acétate de ce métal. On peut ensuite obtenir l'acide lactique incolore, en décomposant le sel obtenu avec son équivalent d'acide oxalique.

ÉPOQUES ET HEURES D'OBSERVATIONS	ACIDE LACTIQUE (L,HO). DOSÉ — LAITS DE CHÈVRE tirés le 7 août A 4h 1/2 DU SOIR.		LAITS DE VACHES tirés le 8 août VERS 5 HEURES DU MATIN.			
	N° 1	N° 2	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Au moment de la traite.....	1.92	1.96	?	?	?	?
8 août à 8 heures du matin.	2 »	2. »	2.05	2.08	2.76	2.15
— 2 — du soir...	2.30	3 12	2.35	2.12	2.80	2.35
— 5 — —	2.92	4.06	2.44	2.16	2.82	2.60
— 7 — —	3.65	5.04	» »	» »	» »	» »
— 8 — —	4.20	6.01	2.80	2.27	2.94	3.84
— 9 — —	4.92	6.76	3.06	2.39	3.20	4.67
— 10 — —	6.02	7.43	3.35	2.56	3.60	5.58
— 11 — —	6.48	C 7.82	3.78	2.82	3.98	6.38
— minuit............	6.88	8.21	4.16	3.10	4.36	C 7.26
9 août à 1 heure du matin..	7.20	8.55	4.62	3 38	4.70	7.63
— 2 — —	C 7.40	8.78	4.82	3.70	5.10	8 »
— 3 — —	» »	» »	5.50	3.92	5.80	8 20
— 7 — —	8.20	9.90	C 7.40	5.58	C 8.26	9.16
— 10 — —	» »	10.40	8.22	C 7.14	9.67	9.76
— 2 — du soir....	8.44	10.78	9.42	8.21	10.33	10.18

Les résultats consignés dans ce tableau montrent que le phénomène, de même que tous ceux qui prennent naissance sous l'influence des ferments (comme sous celle de la vie en général), s'accuse aux mêmes instants, et l'on devait s'y attendre, avec des intensités différentes dans chaque liquide soumis à l'observation; mais si tous les chiffres inscrits ne sont pas identiques, les anomalies qu'ils présentent sont d'ordre normal, et la loi du développement de la fermentation que le lait subit dans les conditions ordinaires de son exposition à l'air par une température voisine de 20° c., n'en apparaît pas moins nettement aux yeux.

Pour exécuter avec profit les essais précédents, j'ai dû me préoccuper du soin de trouver une méthode exacte pour opérer rapidement le dosage de l'acide lactique libre contenu dans le lait normal ou aigri, et celui de la lactine dans le lait dont la fermentation avancée a provoqué la séparation du caséum en ce magma épais qui donne au lait tourné sa consistance.

En ce qui concerne le DOSAGE DE LA LACTINE, il était indispensable de l'exécuter sur le lait lui-même encore pourvu de tous les éléments qui entrent dans sa constitution, et non sur le sérum,

comme on a l'habitude de le faire. Pour y réussir, voici comment j'opère :

Je divise dans le lait, par une agitation suffisamment prolongée, le magma caséeux coagulé, puis je prends cinq centimètres cubes du liquide ainsi obtenu et je les mélange intimement avec 20 centimètres cubes de la liqueur alcaline titrée dont il va être question dans un instant. J'obtiens ainsi 25 centimètres cubes d'un liquide analogue quoique alcalin (ce qui ne présente aucun inconvénient), à celui que l'on emploie dans la méthode du docteur Rosenthal pour effectuer le dosage du sucre du lait. J'opère ensuite la réduction de la liqueur bleue, en agissant comme cela a été conseillé par ce chimiste (1). L'opération se fait parfaitement bien et donne des résultats d'une grande précision.

A cet égard, j'ai reçu plusieurs lettres me demandant la formule de la liqueur bleue dont je me sers. On se plaint de ce que celle qui est préparée comme l'a conseillé le docteur Rosenthal est peu susceptible d'une longue conservation. Voici celle que j'ai adoptée et qui répond bien à ce *desideratum*, surtout lorsqu'on la renferme à l'abri de la lumière dans des flacons en verre coloré en jaune orangé brun, et fermés avec des bouchons en liége profondément imprégnés de paraffine. Ce mode de bouchage convient très-bien pour la garde des dissolutions aqueuses, même concentrées, de tous les alcalis caustiques. Je n'hésite pas à en recommander l'usage.

Prenez : Sulfate de cuivre cristallisé pur	34 gr,	65
Tartrate de potasse et de soude	175	00
Soude caustique liquide à 30° (liqueur des savonniers)	200	00
Eau distillée	Q. S.	

pour obtenir un litre de liqueur, dont 2 centimètres cubes doivent être exactement décomposés par une quantité de liquide riche à 10 grammes de lactine par litre (2) et remplissant dans la burette de Rosenthal le volume de 1cc,664, ou l'espace occupé par 20 de ses divisions.

(1) *Journal de pharmacie et de chimie*, t. XXVI, p. 214, année 1854.

(2) Pour doser la lactine dans le lait, le docteur Rosenthal conseille de composer la liqueur d'essai en mélangeant 5 centimètres cubes du lait à examiner avec 20 centimètres cubes d'eau distillée; 100 divisions de sa burette graduée correspondent au volume de 8cc,32.

Maintenant, pour le DOSAGE DE L'ACIDE LACTIQUE, voici le procédé suivi :

25 centimètres cubes du lait à essayer, normal ou coagulé (1), sont additionnés d'un égal volume d'eau distillée, et colorés par l'addition d'un demi-centimètre cube d'une teinture alcoolique de curcuma fortement chargée de matière tinctoriale (2). Lorsque le lait est alcalin, ce qui arrive rarement, il prend une teinte rouge bien sensible; dans le cas contraire, il contracte une magnifique couleur jaune serin. En cet état, on l'additionne d'une dissolution titrée de soude caustique jusqu'à ce qu'il soit rendu exactement neutre, ce que l'on reconnaît à la couleur rouge qu'il contracte aussitôt qu'il devient alcalin. La réaction arrive à son terme lorsque la couleur rouge cesse de s'aviver.

Le volume de la liqueur neutralisante employé pour produire cet effet est multiplié par 40 (3) et l'on divise le produit par 2. On obtient au quotient la quantité de l'acide saturé, ramenée au volume d'un litre du lait essayé, car cette liqueur alcaline doit toujours être composée de telle sorte qu'elle sature exactement la moitié de son volume d'une autre liqueur chargée d'acide, et représentant par son titre son équivalent de lactine, ou, ce qui revient au même, d'acide lactique monohydraté ou anhydre.

J'ai adopté l'acide oxalique pour préparer cette liqueur. C'est un corps plus facile à manier que l'acide sulfurique mono hydraté, et qui présente mieux que lui une composition constante, car il n'est point hygrométrique. L'avantage de son emploi pour préparer des liqueurs titrées me paraît incontestable.

65 parties en poids d'acide oxalique purifié par une nouvelle cristallisation, et desséché à la température de 100 degrés, équiva-

(1) Dans ce cas, on divise le caséum coagulé par une agitation suffisamment prolongée.

(2) La teinture de tournesol ne m'a pas donné de bons résultats. Sa matière colorante forme avec le caséum une laque d'un bleu pâle dont il est difficile de saisir avec exactitude l'apparition. J'ai essayé aussi d'une teinture contenant environ le cinquième de son poids d'extrait de bois de campêche. Elle ne m'a pas non plus satisfait : l'hématine forme bien avec le caséum une laque d'un bleu intense sous l'influence des alcalis, mais cette couleur n'apparaît que lorsque l'on a employé le double environ de la liqueur nécessaire pour opérer la neutralisation.

(3) On multiplie par 40 pour ramener au litre les 25cc de lait soumis à l'expérience, et l'on divise par 2 parce que la liqueur alcaline titrée ne neutralise que la moitié de son volume de liqueur acide normale.

lent exactement à 90 grammes de lactine pure, cristallisée et bien desséchée aussi. En conséquence, pour préparer la liqueur d'essai l'on prend :

Acide oxalique cristallisé ($C^2O^3, 3HO$)................ 70 gr.

et on le fait dissoudre dans quantité suffisante d'eau distillée pour obtenir un litre de liquide formant l'équivalent de 100 grammes d'acide lactique mono hydraté.

Exemple d'un dosage d'acide lactique dans le lait :

25 centimètres cubes de lait aigri étendus de leur volume d'eau pure ayant été colorés comme cela a été dit, ont exigé $6^{cc},3$ de la solution normale de soude caustique pour leur neutralisation.

Cette liqueur saturant exactement la moitié de son volume de liqueur acide, et celle-ci ne représentant par chaque centimètres cube que $0^{gr},10$ d'acide lactique, l'on a :

$$\frac{6^{cc},3 = 0^{gr},63 \text{ et } 0^{gr},63 \times 40}{2} = 12,6.$$

Cela veut dire que le lait examiné contient par litre $12^{gr},6$ d'acide lactique libre. Pour la simplicité du calcul, on admet, et cela est exact, que chaque centimètre cube de liqueur alcaline employé correspond à 2 grammes d'acide lactique libre contenu dans un litre du lait soumis à l'examen.

Ce dosage est facile à opérer ; il s'exécute avec une grande rapidité. Je l'ai souvent mis en usage dans les étables et les pâturages du pays de Caux pour y déterminer le degré d'acidité présenté par le lait au moment de la traite.

Armé de ce procédé d'analyse et de tous ceux que j'ai décrits dans les mémoires précités (1), il devenait intéressant de profiter de la réunion du grand nombre d'animaux de l'espèce bovine qui devaient être rassemblés à Paris pendant la première quinzaine du mois de juin dans une exposition internationale, pour essayer de déterminer les limites des oscillations que présente la composition du lait fourni par les vaches des différentes races qui allaient être

(1) J'ai recommandé dans ces mémoires de n'opérer que sur 5 grammes de lait pour arriver à la détermination du poids des matières fixes, et de procéder à la dessiccation du résidu de l'opération bien pulvérisé, à la température de 100 degrés. Voici les résultats des expériences que j'avais entreprises pour justifier cette recommandation. Il s'agissait de déterminer l'influence exercée sur le poids des matières fixes par la masse

réunies dans cette exhibition qui paraissait devoir être splendide et qui l'a été en effet.

J'ai pu me livrer à cette étude, grâce au bienveillant appui qui m'a été accordé par M. Teisserenc de Bort, ministre de l'agriculture et du commerce, à qui je suis heureux d'exprimer ici tous mes sentiments de reconnaissance, et par M. Porlier, directeur général de l'agriculture au ministère et président du concours, qui a aussi un droit particulier à mes remercîments pour les facilités qu'il m'a procurées dans l'accomplissement de mon travail. Je le prie également de vouloir bien en agréer l'expression.

Les races exposées étaient nombreuses. Parmi celles d'origine française l'on en comptait une trentaine, et parmi les étrangères, il n'y en avait pas moins de 17 ou 18. Malheureusement, les vaches lai-

du lait mis en évaporation, l'état de division de la matière restée pour résidu et la température à laquelle s'opère la dessiccation.

QUANTITÉ de lait ÉVAPORÉ.	ÉTAT DE DIVISION DE LA MATIÈRE.	POIDS DU RÉSIDU évalué pour un litre de lait ET DESSÉCHÉ A LA TEMPÉRATURE DE 80°	100°	120°
gr.		gr.	gr.	gr
5	Pulvérisée..............	141.20	140. »	139.62 ambré.
5	—	141.16	140. »	139.80 —
5	Divisée en grumeaux......	141.32	140.62	140.38 —
5	—	141.34	140.70	140.40 —
5	Adhérente à la capsule...	141.44	140.30 ambré	138.20 caramélisé.
5	—	141.42	140.38 —	138.60 —
10	Pulvérisée..............	141.22	140.53 —	140.16 normal.
10	Réduite en grumeaux.. ..	141.28	140.63 —	140.30 ambré.
10	Adhérente à la capsule...	141.36	140.60 jaune	139.60 caramélisé.

Je n'ai sans doute pas besoin de le dire ici, le poids des capsules n'a été définitivement inscrit que lorsqu'elles avaient été maintenues, au moins pendant une heure, aux températures indiquées après qu'elles avaient cessé de diminuer de poids. Pour la température de 80° il a fallu les maintenir dans l'étuve pendant cinq heures environ, pour les amener à l'équilibre constant sur le plateau de la balance.

J'ai signalé aussi dans mes précédentes publications plusieurs causes d'inexactitude que l'on rencontre lorsque l'on dose le beurre, en l'extrayant au moyen de l'éther, du résidu convenablement desséché, qui est laissé par l'évaporation du lait. A ces causes il faut en ajouter encore une autre qui vient de se révéler à moi dans le cours des études dont ce mémoire est l'objet : avec le beurre, l'éther enlève aussi une petite quantité de l'acide lactique contenu dans le résidu, et cet acide, dont le poids n'est pas à négliger, reste dans la capsule avec la matière grasse après la vaporisation du dissolvant. Il fausse par conséquent les résultats de l'analyse.

tières faisaient défaut dans un grand nombre de lots, et parmi ceux où l'on en pouvait observer, il devenait quelquefois impossible de rien tirer de leurs mamelles, parce qu'elles étaient accompagnées de leurs veaux, quelquefois, sans avoir jamais été soumises à la traite, et qu'elles refusaient de subir cette opération, lorsque l'on tentait de les y soumettre. C'est ainsi particulièrement que j'ai dû renoncer, à mon grand regret, à l'espoir de pouvoir examiner les races françaises de Bazas, de la Bretagne, du Charolais, de la Garonne, de la Gascogne, des Pyrénées et de la Tarantaise; et que dans les races étrangères il m'a été impossible d'obtenir un seul échantillon du lait fourni par les vaches du Simmenthal, d'Hereford, de Jersey, des Highlands d'Écosse, ni des vaches sans cornes d'Angus, d'Aberdeen, etc., dont l'étude cependant aurait été bien particulièrement intéressante.

Malgré cela, j'ai pu soumettre à l'analyse 62 échantillons qui ont été fournis par autant de vaches classées dans 18 races différentes.

Voici les résultats moyens de mon examen :

COMPOSITION MOYENNE DU LITRE DE LAIT FOURNI PAR LES VACHES DE CHAQUE RACE.

NOMBRE des laits examinés.	RACES	BEURRE	ACIDE lactique libre.	LACTINE.	MATIÈRES protéiques.	SELS	EAU	TOTAL
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
2	D'Aubrac.....	35.52	2.92	50.76	23.81	7.38	912.56	1032.95
2	D'Ayr	35.98	1.20	52.91	23.83	7.02	911.61	1033.15
1	Comtoise.....	34.31	2.47	51.28	26.24	7.99	910.91	1034.20
5	Durham......	35.51	1.54	51.48	25.67	7.81	911.35	1033.36
5	Femeline.....	36.47	2.04	51.96	26.95	8.14	909.40	1034.56
5	Flamande	34.18	1.86	51.18	23.45	7.93	913.86	1032.54
2	Fribourgeoise.	37.08	1.71	52.63	25.07	8.04	909.17	1033.70
5	Hollandaise ..	38.99	2.64	50.70	22.14	7.84	909.39	1031.70
2	De Kerry.....	36.68	1.15	51.16	25.15	7.35	910.46	1033.45
2	Limousine....	39.83	2.81	50.63	27.73	7.54	905.71	1034.25
2	Du Mézenc....	40.78	1.19	51.29	25.64	8.23	905.82	1032.95
6	Normande. ...	38.95	1.93	51.07	26.81	8.06	906.94	1033.75
5	Parthenaise...	41.21	2.23	51.75	25.11	8.11	904.87	1033.28
1	Des Polders..	44.20	0.82	53.47	23.84	8. »	902.23	1032.40
5	De Salers.....	43.24	1.89	53.12	25.82	7.99	901.80	1033.28
5	De Schwitz...	37.81	1.42	54.19	24.04	8.05	908.47	1033.86
4	Suédoise	36.11	1.21	53.26	18.99	7.86	913.77	1031.20
3	Tarantaise ...	40.98	2.18	51.11	26.02	7.78	905.33	1033.40

Je donnerai, dans un tableau supplémentaire annexé à la fin d ce mémoire, la composition de chaque produit examiné, mais pou

faciliter les déductions qui se déduisent de mon travail, j'ai condensé dans le tableau précédent les chiffres moyens, ramenés à la constitution du litre d'émulsion fournie par chaque race.

A l'aide de ces renseignements l'on peut classer chaque variété de lait dans l'ordre de sa richesse en lactine et en matières protéiques, et comme l'acide lactique représente son équivalent de lactine d'où il dérive bien certainement, et dont il offre d'ailleurs les éléments constitutifs groupés dans un ordre différent, l'on peut aussi en opérer le classement en raison de la richesse de chaque échantillon en lactine et acide lactique libre. L'on obtient ainsi un groupement qui diffère du premier, mais qui représente mieux, à mon avis, le rang que doit prendre chaque variété considérée au point de vue de sa richesse normale en matière sucrée, ou au moins en aliments respiratoires appartenant à ce groupe ou en dérivant.

CLASSEMENT DES RACES SELON LA RICHESSE DE LEUR LAIT.

RICHESSE EN LACTINE.		RICHESSE EN LACTINE ET ACIDE LACTIQUE.		RICHESSE EN MATIÈRE PROTÉIQUE.	
	gr.		gr.		gr.
Limousine	50.63	De Kerry	52.31	Suédoise	18.99
Hollandaise	50.70	Du Mézenc	52.48	Hollandaise	22.14
D'Aubrac	50.76	Normande	53. »	Flamande	23.45
Normande	51.07	Durham	53.02	D'Aubrac	23.81
Tarantaise	51.11	Flamande	53.04	D'Ayr	23.83
De Kerry	51.16	Tarantaise	53.29	Des Polders	23.84
Flamande	51.18	Hollandaise	53.34	De Schwitz	24.04
Comtoise	51.28	Limousine	53.44	Fribourgeoise	25.07
Du Mézenc	51.29	D'Aubrac	53.68	Parthenaise	25.11
Durham	51.48	Comtoise	53.75	De Kerry	25.15
Parthenaise	51.75	Parthenaise	53.98	Du Mézenc	25.64
Femeline	51.96	Femeline	54. »	Durham	25.67
Fribourgeoise	52.63	D'Ayr	54.11	De Salers	25.82
D'Ayr	52.91	Des Polders	54.29	Tarantaise	26.02
De Salers	53.12	Fribourgeoise	54.34	Comtoise	26.24
Suédoise	53.26	Suédoise	54.47	Normande	26.81
Des Polders	53.47	De Salers	55.01	Femeline	26.95
De Schwitz	54.19	De Schwitz	55.61	Limousine	27.73

On remarquera que je ne tire dans ce mémoire aucune conclusion ni aucune déduction de la richesse du lait en beurre. C'est que pour apprécier cette richesse avec exactitude, il est nécessaire, comme je l'ai indiqué ailleurs (1), de soumettre les vaches à deux traites successives et *complètes*, opérées à 6 heures de distance environ l'une de l'autre, et de n'opérer l'analyse que sur le pro-

(1) Voy. *Ann. agronomiques*, juillet 1878, p. 204.

duit uniformément mélangé de la seconde traite. Il n'était pas possible, on le conçoit, d'agir ainsi avec les vaches exposées sur l'esplanade des Invalides. Je me suis borné autant que cela se pouvait à me procurer les échantillons destinés aux essais, à leur sortie du pis, lorsque la traite que je voyais opérer avait produit, de l'avis des gens de service qui l'exécutaient, la moitié environ du liquide qu'elle devait fournir. Cela me donnait lieu d'espérer l'obtention d'un lait de qualité à peu près moyenne quant à sa richesse en matière grasse, mais qui, bien certainement, était toujours normal dans sa richesse en tous les autres éléments, car ceux-ci restent uniformément divisés dans la masse de l'émulsion, tant qu'elle séjourne dans l'organe chargé de l'élaborer et de la sécréter, ainsi que le savent par expérience tous ceux qui, au point de vue chimique, ont étudié cette question la balance à la main.

Or le présent travail avait surtout pour but de déterminer pour chaque race les moyennes richesses du lait en lactine, en acide lactique et en matières protéiques (caséum et albumine). J'ai l'espoir d'être arrivé bien près de ce résultat.

Pour être bien assuré de la valeur des échantillons destinés à mes études, je n'ai accepté que ceux qui étaient tirés de la mamelle sous mes yeux. Les exigences du service des animaux, et l'impossibilité dans laquelle je me trouvais d'être partout à la fois, m'ont mis dans la nécessité d'accepter quelquefois aussi des échantillons du commencement ou de la fin de la traite. Cette circonstance a nécessairement exercé une influence sur les résultats de l'appréciation de la matière grasse, dont, au reste, la détermination, pour acquérir tout l'intérêt et la valeur qu'il serait désirable de lui voir posséder, ne doit être faite, je ne saurais trop le répéter, que sur le lait fourni par des animaux qui, étant assujettis à leurs habitudes et à leur régime ordinaires, dans les lieux où ils résident habituellement (étable ou pâturage) peuvent donner deux fois de suite, à moins de six heures d'intervalle ou à six heures tout au plus, la totalité des produits qui remplissent leurs mamelles.

Parmi les races dont j'ai examiné le lait, il en est deux dont j'ai eu souvent l'occasion d'étudier les produits. Ce sont les normandes et les durham pures ou alliées entre elles. Mes nombreuses analyses du lait sécrété par les vaches entretenues dans le pays de Caux, et dont la généralité appartient à ces deux races, m'ont permis de lui assigner la moyenne composition suivante :

Beurre		38.40
Lactine		51.85
Caséum.... 18.45 Albumine.. 5.37	= matières protéiques	23.82
Sels fixes (matières cinéraires)		7.28
Eau		910.55
Poids égal à celui du litre de lait à + 15° c.		1031.90

La richesse de ce lait en beurre est sensiblement égale à celle du lait donné par les vaches normandes de l'Exposition, mais sa richesse en lactine paraît être un peu plus grande que celle du lait fourni par ces vaches et celles de Durham classés dans les tableaux précédents, tandis que la matière protéique s'y trouve en moins grande quantité. Cela n'a rien qui doive surprendre, car, à Paris, je me trouvais en présence d'animaux de premier choix, tandis que dans le pays de Caux mes analyses ont porté sur le lait fourni par un ensemble de près de mille vaches de toute valeur, disséminées dans la contrée et quelquefois mal nourries, mais aussi nourries souvent avec des betteraves ou des carottes.

D'ailleurs, des expériences faites en 1858, à la demande de M. Lefour, alors inspecteur de l'agriculture, pour déterminer la valeur comparée des races normandes et durham sous le rapport de leurs qualités laitières et de la valeur du lait produit (1), m'ont conduit à établir ainsi qu'il suit la composition moyenne des liquides alors analysés :

	LAIT DES VACHES	
	Normandes pures.	Durham normandes.
Beurre	56.22	52.97
Lactine	50.50	51.13
Caséum	22.27	19.75
Albumine	11.37	9.46
Sels fixes	8.09	8.01
Eau	885.35	891.31
Poids égal à celui du litre de lait à + 15°.	1033.80	1032.63

Ces nouveaux résultats, à leur tour, accusent des écarts différents des précédents dans les proportions de la matière sucrée et

(1) Voy. *Mém. d'agriculture et d'économie rurale*, publiés par la Société centrale d'agriculture. Paris, 1858, p. 305.

dans celles des matières protéiques. La somme de celles-ci s'élève à

33gr,64 dans le lait des normandes,

et à

29gr,21 dans celui des durham normandes.

Mais ces nombres doivent subir une réduction, car j'ai négligé, comme tous les chimistes avaient coutume de le faire, de doser l'acide lactique libre contenu dans les échantillons sur lesquels mes analyses ont porté, et la proportion de cet acide négligé se trouve comprise dans le poids des matières protéiques, dont il exagère la valeur. Or tous les échantillons examinés, ou presque tous, provenaient de traites accomplies la veille du jour où ils étaient apportés au laboratoire, et ils y étaient apportés de pays éloignés de 8 à 10 kilomètres en moyenne, et pour quelques-uns de 28 à 30. Il est donc bien certain, en raison même de cet état des choses, que la proportion moyenne de l'acide lactique libre qu'ils contenaient n'était point inférieure à 3 grammes par litre. Dans ces conditions la proportion moyenne des matières protéiques des laits examinés devait varier de

30gr,64 dans le lait des normandes,

à

26gr,21 dans celui des durham normandes.

Ce dernier chiffre est voisin de celui qui est attribué par les nouvelles recherches aux matières protéiques contenues dans le lait des durham, et l'autre excède de quatre grammes à peine celui qui caractérise le lait des normandes pris à l'Exposition.

Je me borne à signaler ces faits sans les discuter. L'âge des animaux, celui du lait lui-même, indépendamment du régime alimentaire, dont l'influence est incontestable, peuvent exercer sur la richesse du lait en matière azotée une action appréciable — cette richesse devenant souvent plus grande dans le lait des vaches qui ont eu plusieurs portées. Cependant cette influence n'est pas constante, et dans tous les cas elle ne paraît pas être bien intense.

En ce qui concerne celle qui est exercée par l'âge du lait, il n'est peut-être pas sans intérêt de consigner ici les résultats d'un grand nombre d'analyses que j'ai eu l'occasion d'exécuter dans des

conditions qui m'ont permis de jeter un nouveau jour sur cette importante question. Les analyses ont porté sur le lait de deux vaches normandes âgées, la première de 4 ans 1/2, le 11 mars, lorsqu'elle vêla, et la seconde de 8 ans quand elle donna son veau le 9 août.

L'âge des animaux exposés au concours était inséré au catalogue officiel. — Je l'ai retenu pour les vaches qui m'ont donné des échantillons de lait. On le trouvera sur le tableau annexé à la suite de ce mémoire. Quant à l'âge du lait, il m'a été impossible d'obtenir toujours des renseignements dignes de confiance, et pour cette raison j'ai dû négliger de tenir compte de ceux qui m'ont été fournis.

On trouvera dans les deux tableaux suivants les résultats de mes analyses multipliées du lait sécrété par les deux vaches dont je viens de parler :

COMPOSITION PAR KILOGRAMME, ET PENDANT TOUTE LA DUREE DE LA LACTATION, DU LAIT DONNÉ PAR LA VACHE NORMANDE AGÉE DE 4 ANS ET DEMI.

AGE DU LAIT en jours.	DENSITÉ à + 15°	BEURRE.	LACTINE.	CASÉUM.	ALBUMINE.	SELS.	EAU.	MATIÈRES protéiques en masse.	OBSERVATIONS.
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
1re traite.	1068.1	17.49	23.58	16.81	102.69	9.53	829.90	119.50	
1	1039.7	28.91	36.56	13.36	37.42	8.38	875.37	50.78	
2	1038.1	40.33	42.06	21.23	23.32	8.31	864.75	44.55	
3	1037.2	38. »	43.43	21.52	19.41	8.08	869.56	40.93	
4	1036.8	43.36	45.70	25.98	13.33	7.80	863.83	39.31	
5	1035.7	45.46	46.62	24.69	11.95	7.65	863.63	36.64	
6	1035.6	38.06	47.08	23.10	11.39	7.40	872.97	34.49	
7	1035.5	35.90	47.55	22.18	11.10	7.42	875.85	33.28	
8	1035.3	33.34	48.50	22.02	9.32	7.87	879.45	31.34	
9	1035.2	35.90	49.29	23.31	7.54	7.46	876.50	30.85	
10	1035.2	31.94	49.55	22.62	6.64	7.20	882.05	29.26	
21	1033.4	50.11	52.04	19.44	8.30	7.21	862.90	27.74	
36	1032.2	43.36	52.27	16.15	7.22	7.16	873.84	23.37	
51	1032.5	42.89	51.79	18.40	6.13	7.12	877.77	24.53	
63	1030 6	45.69	51.08	13.50	8.11	7.14	874.48	21.61	
87	1028.2	76.44	49.43	19.55	5.74	7. »	841.84	25.29	La vache a été saillie 15 jours auparavant.
97	1031.6	46.76	51.37	17.83	5.71	6.90	873.43	23.54	
108	1032.9	32.40	51.54	17.39	5.28	7.56	885.83	22.67	
126	1032.8	38.23	52.19	18.22	5.01	7.48	878.87	23.23	
196	1033.1	44.52	53.08	20.05	4.40	7.50	870.45	24.45	Nourriture aux betteraves.
237	1032.2	40.10	51.17	16.54	7.16	7.16	877.87	23.40	

Deux des dosages de lactine consignés dans ce tableau doivent

fixer l'attention d'une façon particulière. Ce sont ceux qui ont été exécutés sur le lait produit 63 et 87 jours après le vêlage. Celui du 63[e] jour annonce une décroissance appréciable dans la proportion de la matière sucrée, et le suivant montre cette matière descendue à son minimum. Eh bien, dans l'intervalle de temps écoulé entre les deux analyses, la vache a été soumise aux ardeurs du taureau, et l'on sait dans quelles conditions particulières elle doit se trouver pour subir son action.

COMPOSITION PAR KILOGRAMME, ET PENDANT TOUTE LA DURÉE DE LA LACTATION DU LAIT DONNÉ PAR LA VACHE NORMANDE AGÉE DE 8 ANS.

AGE DU LAIT en jours.	DENSITÉ à +15°	BEURRE.	LACTINE.	CASÉUM.	ALBUMINE.	SELS.	EAU.	MATIÈRES protéiques en masse.	NOURRITURE.
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	
1re traite.	1063.6	27.50	22.23	48.53	64.37	10.60	826.77	112.90	
1	1038.2	42.42	42.10	17 21	26.68	9.62	861.97	43.89	
2	1036.3	33.10	48.79	17.34	14.78	8.42	877.57	32.12	
3	1034.5	56.64	49.64	21.69	11.19	8.38	852.46	32.88	
5	1031.9	66.19	51.37	20.55	8.03	7.50	846.36	28.58	
6	1033.8	48.72	51.80	20.53	7.59	7.62	863.74	28.12	
8	1033.1	52.68	52.91	20.76	5.93	6.92	860.80	26.69	
9	1032.8	48.95	52.40	20.21	5.48	7.32	865.64	25.69	
10	1032.8	49.88	51.57	20.66	5.95	7.42	864.52	26.61	
15	1031.6	47.79	51.96	16.92	6.59	7.04	869.70	23.51	Vesces et
22	1031.6	47.03	51.49	13.69	9.81	7.34	870.64	23.50	colza.
28	1030.2	45.94	50.66	14.11	9.94	6.62	862.73	24.05	
36	1032.4	40.56	51.57	14.79	9.60	6.62	876.86	24.39	
42	1032.7	40.80	51.54	15.09	9.69	6.96	875.92	24.78	
53	1033.8	34.03	51.49	16.53	9.11	6.98	881.86	25.64	Vesces, colza
58	1033.3	41.49	52.60	15.71	9.61	6.84	873.75	25.32	et trèfle.
65	1034.2	41.74	51.99	20.44	9.30	7.38	859.15	29.74	
73	1035.0	39.86	52.17	19.02	9.82	7.08	872.05	28.84	
81	1034.8	48.72	51.95	20.56	10.17	7.06	861.54	30.73	
86	1034.6	43.13	51.86	16.53	12.02	7.22	869.24	28.55	Vesces, colza et feuilles
96	1034.5	43.83	51.39	17.39	12.09	7.04	868.26	29.48	de betteraves.
102	1035.3	35.90	52.22	16.58	10.68	8.34	876.28	27.26	Herbe et f[lles] de betteraves.
114	1036.0	39.86	52.79	23.15	7.03	7.28	869.89	30.18	Son, betteraves et pain d'huile.
128	1035.6	41.74	53.72	25.68	5.44	7.36	856.09	31.09	
135	1036.2	38.70	53.39	18.72	11.19	7.12	870.88	29.91	
144	1036.2	40.80	53.34	25.32	7.68	7.50	852.82	33. »	
149	1036.4	35.67	53.67	24.04	5.07	7.36	874.19	29.11	
156	1036.7	32.87	53.61	23.38	5.58	7.58	876.98	28.96	
169	1036.1	40.56	53.35	24.62	5.19	7.46	868.82	29.81	
175	1034.6	37.76	53.18	22.60	5.89	7.38	863.19	28.49	
182	1034.8	43.59	53.50	21.75	5.90	7.36	867.90	27.65	
197	1034.9	43.83	53.51	19.95	7.96	7.48	867.37	27.91	Même régime avec trèfle sec en plus.
205	1035.5	42.42	53.47	22.06	6.65	7.58	867.82	28.71	
212	1035.6	42.19	53.47	22.40	6.33	7.76	867.88	28.73	
219	1035.6	36.13	53.80	20.48	6.81	7.42	875.36	27.29	
226	1036.2	35.20	53.44	21.32	7.47	7.38	875.19	28.79	
233	1035.6	38.46	53.47	23.02	5.03	7.54	872.48	28.05	
248	1036.1	37.76	53.12	23.74	5.40	7.72	872.76	29.14	
254	1035.2	42.19	53.17	23.13	5.07	7.70	868.74	28.20	
262	1036.2	37·53	53.11	23.34	5.98	7.74	872.30	29.32	
268	1035.6	38.23	52.82	22.08	6.33	7.78	872.76	28.41	

Or M. Charles Marchand a constaté que chez les femmes nour-

rices, la menstruation, quand elle s'accomplit, exerce une influence marquée sur la constitution du lait, qui s'appauvrit à ce moment en lactine, pour reprendre sa richesse initiale aussitôt que le phénomène périodique est accompli (1). La diminution de la lactine, mise en évidence dans le lait aux deux époques qui ont précédé et suivi l'accouplement, est due probablement à une influence de même nature que celle qui a été signalée par M. Charles Marchand.

La seconde vache ayant été atteinte d'une maladie grave le 276e jour d'âge de son lait, l'on a cessé de la traire. Elle donnait encore à cette époque 9 litres de lait par jour. Depuis le 10e jour jusqu'à l'époque où l'on a cessé de la traire, elle en avait donné 3 796 litres. Son poids était de 505 kilos, et sa ration quotidienne fut évaluée en moyenne, pendant toute la durée de la lactation, comme équivalant à une consommation de 20k,5 de foin.

On remarquera dans les deux derniers tableaux qui précèdent plusieurs faits intéressants.

D'abord l'élévation de la richesse du lait en lactine lorsque les betteraves interviennent pour une large part dans la ration alimentaire. C'est la confirmation d'une opinion admise.

Ensuite, les très-faibles oscillations qui se produisent dans le lait d'une même vache quant à la proportion des matières protéiques. Cependant la composition relative de celles-ci se modifie sous l'influence des aliments consommés, surtout lorsque l'on en change la nature : la proportion du caséum diminue, tandis que celle de l'albumine augmente, ou inversement, lorsque le régime reprend sa fixité.

Ces faits se sont présentés d'une façon bien constante dans toutes les études fort nombreuses auxquelles je me suis livré, et j'ai pu constater en outre que sous l'influence des feuilles de betteraves, comme lorsque l'on nourrit les vaches dans les pâturages où les jeunes plantes crucifères (colza, rabette, moutarde) entrent pour une large part, le lait devient riche en albumine et pauvre en caséum. C'est là une particularité d'une gravité incontestable quand elle se présente dans les fermes où l'on se livre à la fabrication des fromages. Il y a donc lieu d'en tenir grand compte.

C'est à cause des variations qui se manifestent ainsi dans les quantités relatives des deux sortes de matières protéiques, que le lait

(1) *Du lait et de l'allaitement*, par Charles Marchand. J.-B. Baillière et fils. Paris, 1874.

contient toujours, lorsque les habitudes dans le régime et le mode d'entretien des animaux qui le donnent subissent de sérieuses modifications, que je n'ai pas cru devoir opérer séparément leur dosage, en accomplissant mon nouveau travail. J'aurais sans aucun doute rencontré des modifications analogues à celles qui viennent d'être indiquées, car les vaches réunies pour le concours étaient loin de se trouver placées dans les conditions normales de leur existence — et puisque j'avais la certitude, en opérant en bloc le dosage des matières en question, d'obtenir des renseignements précis sur leurs quantités normales, j'ai dû me borner à agir ainsi.

CONCLUSIONS

L'analyse des 62 échantillons de lait sécrété par les vaches appar-partenant à 18 races différentes réunies cette année à l'Exposition internationale de Paris, prouve, comme M. Poggiale le premier, et le docteur Rosenthal après lui l'ont annoncé, et comme moi-même je l'ai toujours soutenu, que la proportion de la lactine contenue dans le lait de vache ne s'abaisse JAMAIS au-dessous de cinquante grammes par litre, quelle que soit la race productrice de ce lait, pourvu que celui-ci provienne d'un animal en santé et qu'il soit examiné très-peu de temps après la traite, c'est-à-dire avant qu'il ait commencé à subir les effets de la fermentation lactique. La proportion maximum ne dépasse pas 58 grammes.

Ainsi disparaissent sous ce rapport toutes les anomalies — ces écarts si extraordinaires que j'ai dû signaler aux congrès du Havre, de la Sorbonne et de l'École de pharmacie.

Mes analyses nouvelles, comme les anciennes, prouvent aussi que la proportion des matières protéiques n'atteint JAMAIS non plus ces chiffres élevés que l'on trouve mentionnés dans un grand nombre de travaux publiés, même récemment, en France et à l'Étranger. Les écarts moyens existants dans la quantité de ces matières dosées chez les diverses races paraissent osciller entre 19 et 28 grammes, mais les écarts extrêmes qui se déduisent de tous mes travaux varient, en nombres ronds, de 17 à 45 grammes. Un chiffre aussi élevé que le dernier se présente comme une exception, et j'ai sujet

de croire que dans les races productrices de lait riche en éléments azotés, la proportion *moyenne* de ces éléments ne s'élève que rarement au-dessus de trente grammes, si tant est qu'elle s'y élève.

Enfin, dans ce mémoire, j'ai fait voir l'importance du dosage de l'acide lactique libre contenu dans le lait; j'ai étudié le mode de développement de la fermentation qui lui donne naissance, et j'ai indiqué un moyen facile de déterminer sa proportion. Les chimistes, dorénavant, ne devront donc plus négliger d'en déterminer la quantité.

Lorsqu'ils auront à étudier des laits plus ou moins aigris, il leur sera facile de déduire de l'acide lactique libre dont ils auront déterminé la proportion, la dose de la lactine disparue par la fermentation, et de rétablir par conséquent, au moyen du calcul, les conditions de la constitution normale du produit soumis à leur examen. Dans le cas de falsification du lait, ce sera un nouvel élément d'appréciation qu'ils auront à leur disposition, et il augmentera la valeur de leur travail en mettant leurs conclusions à l'abri de ces discussions qui se produisent quelquefois devant les tribunaux, et contre les dangers desquelles ils ne sauraient trop se prémunir.

Fécamp, août 1878.

APPENDICE

COMPOSITION PAR LITRE DU LAIT FOURNI PAR LES VACHES DE DIFFÉRENTES RACES QUI ONT FIGURÉ AU CONCOURS D'ANIMAUX VIVANTS DE L'EXPOSITION INTERNATIONALE UNIVERSELLE TENUE A PARIS EN 1878.

RACES.	AGE de la vache en mois.	N° d'inscription au catalogue officiel.	BEURRE.	ACIDE lactique libre.	LACTINE.	MATIÈRES protéiques.	SELS.	EAU.	TOTAL.
			gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
D'Aubrac....	29	1045	31.61	3.13	50.50	25.73	7.12	916.01	1034.1
	29 ½	1046	39.14	2.70	51.02	21.90	7.64	909.10	1031.8
D'Ayr.......	61	119	32.17	1.18	53.19	22.53	7.66	916.37	1033.1
	85	1444	39.79	1.21	52.63	25.14	7.59	906.84	1033.2
Comtoise....	61	1287	34.31	2.47	51.28	26.24	7.99	910.91	1034.2
Durham.....	73	80	37.57	1.14	50.76	27.18	7.64	909.11	1033.4
	73	82	34.70	1.72	50.25	26.80	7.74	912.39	1033.6
	31	1378	25.23	1.06	52.63	24.96	7.78	922.74	1035.0
	35	1381	42.42	1.62	51.39	23.85	7.96	903.96	1031.2
	37	1389	37.62	1.56	52.36	25.57	7.93	908.56	1033.6
Femeline....	27	790	35.60	2.05	51.16	24.83	8.28	910.98	1032.9
	36	805	41.46	1.44	52.36	26.65	8.30	903.79	1033.9
	47	813	31.76	2.04	52.63	36.98	8.13	913.06	1035.5
	52	815	37.08	2.66	50.76	29.90	8.06	907.24	1035.7
	62	820	34.44	1.98	52.91	26.40	8.03	911.04	1034.8
Flamande....	55	606	35.14	1.63	51.28	24.07	8.16	912.52	1032.8
	63	612	34.66	1.80	51.81	22.02	8.05	913 86	1033.2
	65	613	26.92	2.32	50.50	20.87	7.98	923.11	1031.7
	74	618	34.83	2. »	50.25	25.81	8.02	912.49	1033.4
	85	620	38.86	1.57	52.08	24.43	7.45	908.21	1032.6
Fribourgeoise	67	266	34.93	1.86	52 36	24.83	8.08	911.74	1033.8
	67	267	39.22	1.55	52.91	25.30	8.01	906 61	1033.6
Hollandaise..	37	181	40.22	2.23	51.02	21.67	7.40	908.66	1031.2
	37	183	43.70	2.06	51.28	22.60	8.32	902.14	1032.1
	54	195	46.38	2.14	58.76	23.81	7.72	901.00	1031.9
	64	208	32.91	2.34	50.25	20.97	7.82	917.11	1031.4
	85	217	31.73	2.42	50.22	21.63	7.95	917.95	1031.9
De Kerry....	59	161	38.22	2.37	50.25	25.94	7.93	908.49	1032.2
	63	162	35.11	1.92	52.08	24.36	7.76	912.44	1033.7
Limousine. ..	43	904	31.61	3.13	50.50	27.34	7.12	915.20	1034.9
	63	926	48.06	2.40	50.76	28.11	7.96	896.22	1033.6
Du Mézenc ..	61	1086	46. »	0.86	52.08	27.56	8.13	898.67	1033.3
	61	1087	35.55	1.52	50.50	23.72	8.34	912.07	1032.6
Normande....	32	467	33.74	1.65	51.54	25.33	8.04	913.50	1033.8
	35	475	40.79	1.87	51.02	24.56	7.72	906.34	1032.3
	35	476	42.53	1.96	50.50	26.27	8.19	903.85	1033.3
	49	496	36.84	2.40	50 50	28.40	8.31	908.45	1034.9
	61	509	35.29	2.44	50.76	26.24	8.04	910.33	1033.1
	115	537	44.48	1.24	52.08	30.06	8.00	899.15	1035.1
Parthenaise..	31	1125	45.05	2.65	51.02	22.19	8. »	901.51	1031.4
	49	1131	45.68	1.99	52.63	24.22	7.99	899.99	1032.5
	49	1132	39.80	2.60	52.36	24.52	8.26	906.26	1033.8
	49	1133	33.06	1.51	52.50	26.02	8.01	913.40	1035.5
	61	1137	41.49	2.40	50.25	28.62	8.30	903.14	1034.2

COMPOSITION PAR LITRE DU LAIT FOURNI PAR DES VACHES DE DIFFÉRENTES RACES.

(*Suite.*)

RACES	AGE de la vache en mois.	N° d'inscription du catalogue officiel.	BEURRE.	ACIDE lactique libre.	LACTINE.	MATIÈRE protéique.	SELS.	EAU.	TOTAL.
			gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Des Polders..	61	237	44.20	0.82	53.47	23.84	8. »	902.23	1032.4
De Salers...	30	975	47.70	2.09	52.91	25.48	7.74	897.48	1033.4
	38	989	41.62	1.69	53.19	21.23	8.13	906.44	1032.3
	50	998	41.38	2. »	53.94	26.68	8. »	902. »	1034.4
	60	990	39.29	1.32	53.47	27.67	7.80	905.55	1035.1
	69	1002	46.20	2.33	52.08	28.03	8.30	897.56	1034.5
De Schwitz..	37	279	41.58	2.69	53.08	25.75	7.24	903.46	1033.8
	42	281	41.44	1.11	51.94	26.69	8.24	902.78	1035.2
	43	282	34.16	1.08	54.94	20.62	7.97	914.43	1033.2
	49	291	40.09	1.01	53.39	25.16	8.70	905.85	1034.2
	49	293	31.79	1.49	54.64	21.98	8.42	915.78	1033.5
Suédoise.....	61	241	30.31	1.08	54.37	19.62	7.81	919.71	1032.0
	61	242	37.24	1.23	52.63	18.84	7.94	912.92	1030.8
	64	243	35.07	1.40	53.19	20. »	7.77	913.97	1031.4
	88	250	41.80	1.11	53.76	17.49	7.94	908.50	1030.6
Tarantaise...	32	1176	44.50	2.46	50.50	25.18	7.91	902.05	1032.6
	75	1193	36.79	2 42	51.02	25.41	7.43	910.43	1033.5
	89	1198	41.66	1.67	51.81	27.48	7.98	903.50	1034.1

STATION AGRONOMIQUE DE GRIGNON

CULTURES DU CHAMP D'EXPÉRIENCES.

ÉTUDE DU SOL DES DIVERSES PARCELLES

PAR

MM. P.-P. DEHÉRAIN
Docteur ès-sciences, professeur à l'École de Grignon,

ET

A. NANTIER
Chimiste attaché à la station agronomique de Grignon.

Ce mémoire a été l'objet d'une conférence faite devant l'Association française pour l'avancement des sciences pendant son excursion à l'École de Grignon, le 25 *août* 1878.

§ I. — De l'efficacité de l'azote des engrais suivant la nature de la combinaison dans laquelle il est engagé. — Des résidus laissés par les fumures antérieures.

Nous avons mis sous les yeux des lecteurs des *Annales* les résultats obtenus au champ d'expériences de la station de Grignon

pendant les années 1875, 1876, 1877 (1). Nous rappellerons que chacune des parcelles a reçu depuis 1875, le même engrais, en même quantité, et a porté les mêmes cultures.

Nous rappellerons également que particulièrement pour la culture du maïs fourrage, les récoltes ont été très-différentes suivant que les parcelles ont reçu du fumier de ferme ou des engrais chimiques, ce que démontrent nettement les chiffres suivants, qui représentent les moyennes des récoltes à l'hectare pendant les deux années 1876-1877.

MAÏS FOURRAGE.

Sans engrais	56 750 k.
Fumier de ferme	86 512
Azotate de soude	66 280
Sulfate d'ammoniaque	64 380

L'expérience nous enseigne donc que si le fumier a produit un effet remarquable, les engrais chimiques n'ont eu qu'une action médiocre.

A quelle cause faut-il attribuer ces résultats?

Écartons d'abord toute idée qu'ils puissent être influencés par l'abondance des phosphates ou des sels de potasse; en se reportant aux différents tableaux publiés dans les mémoires précédents, on verra que l'adjonction de ces divers engrais au sulfate d'ammoniaque ou à l'azotate de soude n'a jamais produit sur le sol du champ d'expériences d'effet sensible, ce qui démontre que jusqu'à présent notre sol en est suffisamment pourvu; c'est donc sur les engrais azotés qui seuls ont montré une certaine efficacité, que doit se porter notre attention.

Or les engrais employés ont été l'azotate de soude, le sulfate d'ammoniaque et le fumier de ferme, et nous avons à rechercher pourquoi ce dernier exerce une action beaucoup plus favorable que les deux autres.

L'azotate de soude et le sulfate d'ammoniaque sont très-solubles dans l'eau; auraient-ils été entraînés par les eaux pluviales, et la raison de leur peu d'efficacité est-elle seulement qu'ils ont disparu du sol qu'ils étaient destinés à féconder?

Ou bien le maïs fourrage serait-il une de ces plantes qui, tout en

(1) *Ann. agron.*, tom. II, page 95; tom. III, p. 113; tom. IV, p. 99.

profitant des matières azotées amenées à cette forme simple d'azotates ou de sels ammoniacaux, profiterait davantage encore des produits complexes formés de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, de ces matières ulmiques, de ces composés fumiques si bien étudiés par M. le baron Thenard.

Pour savoir si la différence d'efficacité des engrais est due à leur inégale solubilité, qui favorise ou retarde leur disparition, ou bien s'il faut l'attribuer à la forme même de la combinaison azotée, qui permet leur élaboration plus facile par la plante, nous avions deux méthodes de recherches à employer.

Quatre parcelles, qui ont reçu les années précédentes des quantités énormes d'engrais correspondant à 1 200 kil. d'azotate de soude à l'hectare, 1 200 kil. de sulfate d'ammoniaque, 80 000 kil. de fumier de ferme, sont restées cette année sans engrais.

Si une fraction de l'engrais introduit a persisté, on en sera averti par le supplément de récolte obtenu; si au contraire ce qui n'a pas été employé dès la première récolte a été en grande partie perdu, les résultats se rapprocheront de ceux que fournissent les parcelles sans engrais.

Nous connaîtrons au moment de la récolte les conclusions à tirer de ces essais, mais nous avions encore à utiliser un autre procédé.

Nous pouvions prélever sur chacune des parcelles en expérience des échantillons de terre, déterminer les quantités d'azote qui y sont contenues, comparer ces quantités entre elles de façon à en déduire quelle est l'importance du résidu laissé par chacune des cultures.

Cette étude présente d'autant plus d'intérêt qu'elle se lie étroitement à l'une des préoccupations les plus légitimes du cultivateur.

L'engrais distribué sur une surface donnée est non-seulement utile à la plante même qui se développe sur la fumure, il exerce, en outre, son action sur les cultures suivantes : c'est là un fait d'expérience. Mais s'il est facile de constater que les fumures laissent des résidus, on se trouve dans un profond embarras quand on veut représenter par des chiffres la fraction de l'engrais prélevée par une récolte, la fraction qui, au contraire, est restée dans le sol.

Cet embarras devient plus profond encore dans quelques cas particuliers : un fermier cultive un domaine pendant plusieurs années à l'aide d'engrais chimiques, puis, arrivé à fin de bail, il se retire. Dans quel état laisse-t-il le sol? le mode de culture qu'il a

suivi a-t-il eu pour effet d'appauvrir le sol du domaine ou de l'enrichir? Doit-il une indemnité au propriétaire? est-ce lui, au contraire, qui doit recevoir une somme plus ou moins importante pour les avances qu'il a faites à la terre?

Pour éclairer la première question posée, à savoir à quelle cause faut-il attribuer la grande efficacité du fumier de ferme dans la culture du maïs, nous sommes conduits à faire une analyse soignée du sol des diverses parcelles de notre champ d'expériences, et cette analyse nous conduira à la solution d'une seconde question remplie d'intérêt : quelle est la fraction des engrais azotés de diverses natures, non utilisée par la récolte, qui persiste dans le sol.

§ II. — Prise d'échantillons. — Mode d'analyse.

La plus grande difficulté qu'on rencontre dans l'analyse d'une terre est la prise d'échantillons. Comme les chiffres trouvés sur un poids de terre très-faible, une dizaine de grammes, seront multipliés par un nombre énorme pour représenter la composition d'un hectare de terre, il est clair que la moindre erreur, grossie par ces calculs, pourrait conduire à des conclusions absolument fautives.

On s'est donc astreint à prélever dans chaque parcelle les échantillons de façon qu'on fût certain d'avoir la composition moyenne de la terre à analyser. On a procédé de la façon suivante : on prend avec une bêche de la terre en huit points différents, on la réunit sur un linge, on la mélange; on recommence à prélever la terre sur huit points différents des précédents, on fait un second mélange; on fait sécher les deux échantillons, d'abord à l'air libre, ensuite à l'étuve, on les pulvérise et on les fait passer au tamis; les deux échantillons provenant du même sol doivent présenter une composition très-approchée. S'il n'en est pas ainsi, on prendra de nouveau d'autres échantillons jusqu'à ce qu'on arrive au résultat cherché, c'est-à-dire jusqu'à ce que ces deux échantillons différents présentent une composition très-voisine.

Les échantillons ainsi obtenus sont soumis à l'analyse; on y cherche l'azote total, le carbone des matières ulmiques, enfin on y a cherché également les nitrates; mais la saison 1878 ayant été très-pluvieuse, cette recherche a été vaine partout.

Le dosage d'azote a été exécuté à l'aide de la chaux sodée; mais comme le nombre des analyses à effectuer était très-considérable, on a dû chercher à simplifier le procédé ordinaire. Nous avons opéré dans un tube en fer constamment traversé par un courant d'hydrogène sec, d'après la méthode indiquée par M. Cloëz.

La matière mélangée à la chaux sodée est placée dans une nacelle de fer, à la partie postérieure du tube dont la partie antérieure est remplie de chaux sodée. Des essais préalables sur une matière d'une composition connue ont montré que le procédé employé conduisait à des résultats très-réguliers. Nous indiquerons plus loin comment a été dosé le carbone des matières organiques.

§ III. — Dosages d'azote effectués sur les terres de diverses parcelles cultivées en maïs.

Les dosages ont porté d'abord sur la terre qui n'avait reçu aucun engrais depuis le commencement des expériences (cette parcelle est désignée sous le nom de témoin), sur la terre qui avait reçu 1 200 kilogrammes d'azotate de soude, sur celle qui avait eu 1 200 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque, enfin sur la parcelle qui avait eu tous les ans 80 000 kilogrammes de fumier de ferme.

Pour être bien certain de n'être pas influencé par des idées préconçues, nous avons pris l'habitude de soumettre à l'analyse des échantillons de terre désignés seulement par des numéros; c'était seulement quand l'analyse était terminée qu'on ouvrait un pli cacheté dans lequel on voyait à quelles parcelles appartenaient les terres analysées.

Nous donnerons comme exemple de ces analyses les chiffres suivants, qui ont trait aux parcelles qui ont porté du maïs en 1876, 1877 et 1878.

AZOTE CONTENU DANS UN KILOGRAMME DE DIVERSES TERRES.

NUMÉROS		Azote par kilogr. de terre.		Engrais reçus par les parcelles.
échantill.	parcelles			
1	37	1.72	1.74	Pas d'engrais. Témoin, éch. n° 1.
2	48	1.83		1 200 k. sulfate d'ammoniaque.
3	35	2.02		80 000 k. fumier de ferme, éch. n° 1.
4	42	1.80		1 200 k. azotate de soude, éch. n° 1.
5	42	1.72	1.74	1 200 k. azotate de soude, éch. n° 2.
6	35	1.99		80 000 k. fumier de ferme, éch. n° 2.
7	37	1.64		Pas d'engrais. Témoin, éch. n° 2.
8	37	1.64		Pas d'engrais. Témoin, éch. n° 2.

Il est facile de voir, à l'inspection des chiffres précédents, que lorsqu'on analyse le même échantillon, on ne trouve pas de différences sensibles; c'est ainsi que pour le n° 1, pour le n° 5, on a trouvé des chiffres ne différant que très-peu les uns des autres; l'exemple offert par les n°s 7 et 8 est même encore plus probant, puisque au moment du dosage on ignorait que ces deux matières fussent identiques.

Quand au contraire on prend des échantillons différents, mais provenant de la même parcelle, on constate des différences plus sensibles : ainsi, entre les deux échantillons provenant de la parcelle sans engrais, on trouve une différence de 0,09 pour 1000; entre les deux échantillons prélevés sur la parcelle amendée avec de l'azotate de soude, on trouve 0,07 pour 1000; entre les deux échantillons des parcelles au fumier de ferme 0,03.

On ne s'est pas contenté, au reste, des dosages précédents, on les a beaucoup multipliés, ainsi que le montre le tableau n° 1.

Les mêmes précautions ont été prises pour les échantillons prélevés sur d'autres parcelles qui n'avaient reçu que des quantités d'engrais azoté beaucoup moindres et plus en rapport avec celles qu'emploient habituellement les cultivateurs.

L'ensemble des résultats obtenus est résumé dans le tableau suivant :

TABLEAU I. — AZOTE CONTENU DANS UN KIL. DES TERRES DE DIVERSES PARCELLES.

TERRE DE LA SURFACE CULTIVÉES EN MAÏS.

PARCELLE 37 sans fumier. — Témoin.	PARCELLE 38 ayant reçu 400 k. azotate de soude en 1875, 76, 77, 78.	PARCELLE 42 ayant reçu 1 200 k. azotate de soude en 1875, 76, 77.	PARCELLE 43 ayant reçu 400 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 76, 77, 78.	PARCELLE 48 ayant reçu 1 200 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 76, 77.	PARCELLE 33 ayant reçu 2 000 k. fumier de ferme en 1875, 76, 77, 78.	PARCELLE 35 ayant reçu 80 000 k. fumier de ferme en 1875, 76, 77.
gr. 1.61	gr. 1.68	gr. 1.86	gr. 1.68	gr. 1.96	gr. 1.94	gr. 2.02
1.68	1.68	1.86	1.70	1.92	1.92	2.04
1.72	1.68	1.80	1.69	1.83	1.93	2.02
1.74		1.72		1.80		2.02
1.64		1.74				1.99
1.64						
Moyenne. 1.67	Moyenne. 1.68	Moyenne. 1.79	Moyenne. 1.69	Moyenne. 1.88	Moyenne. 1.93	Moyenne. 2.01

Si nous comparons ces chiffres les uns aux autres, nous voyons d'abord que les faibles doses d'engrais chimiques n'ont pas enrichi le sol de la surface du champ de maïs : ainsi, la différence qui existe entre le sol du témoin et celui qui a reçu 400 k. de sulfate d'ammoniaque ou 400 k. d'azotate de soude est très-faible. Il est vrai que l'année 1878 a été très-pluvieuse, que les échantillons sur ces deux parcelles ont été prélevés le 6 juillet, et par conséquent après que les pluies avaient sans doute entraîné la plus grosse partie des engrais solubles.

Il ne faudrait pas croire cependant que les engrais solubles sont complétement enlevés : ainsi on voit que les parcelles qui ont reçu pendant trois ans la fumure excessive de 1 200 k. de sulfate d'ammoniaque ou de 1 200 k. d'azotate de soude, mais qui n'ont eu aucun engrais en 1878, présentent pour la première 0,21 et pour la seconde 0,12 de plus que le témoin; les deux parcelles qui ont reçu du fumier de ferme sont les plus riches : l'une renferme par kilo 0,26 et l'autre 0,36 de plus que le témoin.

§ IV. — Des gains ou des pertes d'azote qu'ont faits les sols des diverses parcelles du champ d'expériences cultivées en maïs.

En nous appuyant sur les chiffres précédents, nous avons dressé le tableau n° II. La première colonne indique la quantité d'azote totale reçue par chacune des parcelles pendant les années 1875, 76, 77, 78; les chiffres insérés à la deuxième colonne indiquent quelle est la quantité d'azote contenue dans l'ensemble des deux récoltes 1876, 77; ces chiffres devraient être augmentés de ceux de la récolte 1878, mais comme elle est encore sur pied, il est impossible de faire entrer sa valeur dans les nombres inscrits.

En lisant ce tableau, on verra que les deux récoltes de maïs 1876 et 1877, développées sur le témoin et ajoutées l'une à l'autre, présentaient un poids d'azote de 289 kilos. Pour savoir quelle est la fraction de l'azote introduit par les engrais qui a été utilisé par les plantes, nous retranchons du poids de l'azote contenu dans les récoltes de chaque parcelle le poids de l'azote du témoin, et nous admettons que l'excédant a été fourni par l'engrais; si nous trouvons par exemple que la parcelle 38 a fourni des récoltes renfermant ensemble 331 k., tandis que la récolte de la parcelle sans engrais

TABLEAU N° II. — QUANTITÉS D'AZOTE CONTENUES DANS LA TERRE SUPERFICIELLE DES DIVERSES PARCELLES CULTIVÉES EN MAÏS.

ENGRAIS REÇUS par LES PARCELLES.	AZOTE apporté par les engrais.	AZOTE enlevé par les récoltes.	AZOTE de la récolte fourni par l'engrais.	AZOTE utilisé % de celui contenu dans l'engrais.	AZOTE contenu dans la couche superficielle.	AZOTE en excès sur le témoin.	AZOTE gagné % de l'azote de l'engrais.	PERTE ou GAIN d'azote.	GAIN ou PERTE % (1) de l'azote de l'engrais.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
37. Témoin (sans engrais).	0	289	0	0	6429	0			
38. 400 k. azotate de soude en 1875, 76, 77, 78....	256	331	42	16.4	6468	39	15.2	— 175.5	— 168.8
43. 400 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 76, 77.	336	296	7	2.0	6545	116	39.8	— 213.4	— 163.2
42. 1 200 k. azotate de soude en 1875, 76, 77.......	576	334	45	7.8	6891	462	80.2	— 69.0	— 101.2
48. 1 200 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 76, 77.	756	293	4	0.5	7233	809	107.0	+ 57.0	+ 7.4
33. 20 000 k. fumier de fer- en 1875, 76, 77, 78....	400	405	116	29.0	7430	1001	250.0	+ 717.0	+ 139
35. 80 000 k. fumier de ferme en 1875, 76, 77....	1200	451	162	13.5	7738	1309	108.2	+ 271.0	+ 22.5

(1) Le signe + indique un gain et le signe — une perte.

n'en renfermait que 289, nous en concluons que 331 — 289 = 42 ont été fournis par la fumure.

Comme les quantités d'azote données par les engrais sont variables, il est commode, pour comparer les chiffres entre eux, de les rapporter à un nombre unique; la colonne n° 4 donne la quantité d'azote utilisée par la récolte pour 100 d'azote contenu dans l'engrais.

Ainsi qu'il a été dit au commencement de cet article, nous n'avons pas seulement à rechercher l'efficacité de l'engrais par rapport à la récolte, nous voulons encore savoir comment cet engrais a enrichi le sol qui l'a reçu.

La cinquième colonne du tableau indique la quantité d'azote contenue dans la couche superficielle d'un hectare. Les nombres inscrits ont été calculés en admettant pour la couche superficielle une épaisseur de 0m,35 et 1100 gr. pour le poids du litre de terre : nous avons donc 3 850 tonnes pour le poids de cette couche arable. En multipliant cette quantité par le poids d'azote trouvé par kilo nous avons les nombres de la cinquième colonne.

En retranchant du poids d'azote contenu dans le sol d'une parcelle celui qui existe dans le sol du témoin, nous avons un excès dû à l'emploi de l'engrais.

En rapportant à 100 d'azote dans l'engrais les chiffres précédents, on ramène tous les nombres à une unité commune qui facilite les comparaisons.

L'avant-dernière colonne est intitulée *perte ou gain d'azote;* les chiffres qu'elle renferme sont calculés de la façon suivante : nous ajoutons les nombres des colonnes 3 et 6, ce qui nous donne la somme de l'azote utilisé par la récolte ou fixé dans le sol. En le retranchant de la quantité fournie par les engrais, colonne n° 1, nous savons quel est le poids d'azote disparu ou gagné; dans la dernière colonne nous calculons ces chiffres pour 100 d'azote existant dans l'engrais. La récolte de la parcelle qui a reçu 400 k. d'azotate de soude présente, sur la récolte du témoin, un excédant de 42 k., le sol lui-même présente sur le témoin un excès de 39 k. Nous avons donc 39 + 42 = 81 kilos d'azote utilisé, nous en avons fourni 256, nous avons donc perdu 256 — 81 k. d'azote = 175; au contraire, la parcelle qui a reçu 20 000 k. de fumier de ferme chaque année a donné une récolte renfermant 116 k. d'azote de plus que la récolte du témoin, le sol lui-même renferme 1001 k. d'azote de plus que le

sol du témoin; nous avons donc 1001 + 116 = 1117 kilos utilisés, et comme nous en avons fourni seulement 400, nous avons un gain de 1117 — 400 = 717 kilos.

§ V. — Efficacité de l'azote des engrais.

Les chiffres de la colonne 4 sont très-instructifs; ils nous font voir combien est faible la quantité d'azote qui se retrouve dans le supplément de récolte développé sous l'influence des engrais : dans le cas le plus favorable, 16 pour 100 de l'azote de l'azotate de soude a été utilisé. Quand la dose a été triplée, 7 pour 100 seulement se retrouvent dans l'excédant de récolte. Sur un sol comme celui du champ d'expériences, une fumure modérée est donc plus profitable qu'une fumure à haute dose; le sulfate d'ammoniaque a été donné en grande ou en faible quantité; dans les deux cas, son efficacité a été nulle; il n'en a pas été de même pour le fumier de ferme; à faible dose il a fait passer dans l'excédant de récolte presque un tiers de l'azote qu'il renfermait; donné au contraire en grande quantité, il y a eu seulement 13,5 pour 100 de l'azote utilisé.

Les laborieux agronomes de Rothamsted, MM. Lawes et Gilbert, n'ont pas cultivé le maïs fourrage; par conséquent nous ne pouvons pas établir de comparaison rigoureuse entre leurs recherches et celles que nous exposons ici, mais dans un mémoire important sur la culture de l'orge, dont nous avons traduit des extraits pour les *Annales agronomiques* (1), nous trouvons quelques renseignements sur la fraction de l'azote des engrais qui est utilisée par les récoltes. Nous y voyons que dans la culture du blé on a retrouvé dans l'excédant de récolte de 32 à 45 pour 100 de l'azote introduit quand on a employé des engrais chimiques, et 14,16 seulement quand on a fait usage de fumier de ferme; quand on a cultivé l'avoine, la moitié de l'engrais chimique, nitrate ou sel ammoniacal, s'est retrouvé dans l'excédant de récolte.

Ainsi l'efficacité des divers engrais varie énormément avec la nature du sol et l'espèce des plantes cultivées, et on conçoit quel intérêt il y aurait à multiplier les essais semblables à ceux qui ont été exécutés à Rothamsted, à ceux que nous résumons ici, puis-

(1) Tome Ier, page 16. 1875.

qu'on en pourrait peut-être tirer, au grand profit des cultivateurs, des règles générales, et savoir par exemple que sur telle variété de terre, tel engrais convient à telle culture.

Le peu d'action des engrais chimiques tient-il à ce qu'ils ont disparu du sol sur lequel ils étaient répandus? L'examen des dernières colonnes du tableau va nous permettre de répondre à cette question qui est une de celles que nous nous sommes posées. Nos analyses nous font voir que le sol de toutes les parcelles qui ont reçu les engrais est plus riche que le sol du témoin; l'excès est parfois considérable, il est remarquable surtout pour la parcelle qui a reçu les 1 200 k. de sulfate d'ammoniaque pendant trois ans. Ce sol renferme 800 k. d'azote de plus que celui du témoin, et cependant la récolte qu'il a fournie n'a pas été plus grande que celle de ce témoin. Nous avons donc là une preuve décisive de l'influence qu'exerce la forme sous laquelle l'azote est fourni; les différences de richesse entre cette parcelle et la suivante sont faibles et les récoltes sont très-différentes. Nous pouvons donc affirmer que l'azote donné sous forme de sulfate d'ammoniaque s'est conservé dans le sol comme l'azote donné sous forme de fumier, mais que l'un n'a eu aucune action sur le développement de la plante, tandis que l'autre au contraire a exercé l'action la plus marquée.

On trouve une nouvelle preuve à l'appui de cette idée, que ce n'est pas par suite de la déperdition plus ou moins grande que subit le sol que l'engrais est plus ou moins efficace, dans l'étude des parcelles qui ont reçu les nitrates. En effet, l'azotate de soude donnée à petite dose a pénétré dans la récolte, puisqu'elle renferme 331 k. d'azote, au lieu de 289 que contient la récolte du témoin; et cependant le sol s'est très-médiocrement enrichi, puisque 15 0/0 seulement de l'azote de l'engrais est resté fixé dans le sol et qu'en somme le sol n'a pas retenu tout l'azote qu'on lui a fourni.

Nous ne saurions trop insister sur les conséquences qui découlent des analyses précédentes.

Il en résulte manifestement que la forme sous laquelle l'azote est fourni au sol a une influence plus grande que la quantité même qui a été donnée, et que pour un sol comme celui de Grignon, l'*azote organique* a sur le maïs une action bien supérieure à l'azote ammoniacal ou nitrique; il y a là une indication précieuse pour les fabricants d'engrais; il est clair que dans leur propre intérêt, ils ne doivent pas se borner à fournir à leurs acheteurs du sulfate d'ammoniaque ou

de l'azotate de soude; mais qu'ils y adjoindront avec grand avantage des matières organiques azotées. — Quelles sont celles de ces matières qui exerceront une action comparable au fumier de ferme, c'est ce que nous ne pouvons préciser en ce moment; mais ce qui va faire l'objet de nos études l'an prochain.

Si nous passons maintenant à l'étude de la seconde question et que nous cherchions comment le sol s'est enrichi, nous trouvons que le fumier de ferme a exercé une action infiniment plus avantageuse que les engrais chimiques. En effet, si nous comparons la teneur en azote de la couche superficielle de chacune des parcelles à celle du témoin, nous trouvons que les deux parcelles qui ont reçu le fumier renferment une proportion d'azote bien supérieure à celle qu'on leur a fourni; et il en faut conclure ou bien que l'addition du fumier de ferme a préservé la matière organique du sol de la déperdition qu'a subie celle du témoin, ou bien, si la déperdition a été la même dans toutes les parcelles, qu'elle a été compensée dans le cas du fumier par un gain d'azote atmosphérique.

§ VI. — Étude du sous-sol.

Les premiers échantillons de terre examinés ont été pris à la surface, dans la partie du sol où s'alimentent surtout les plantes annuelles; il nous a paru intéressant, pour savoir comment les engrais employés avaient enrichi le sous-sol, de prendre quelques échantillons dans la seconde couche qui s'étend de $0^m,35$ à $0^m,70$; plus bas on rencontre le calcaire.

Nos échantillons ont été pris comme il a été dit précédemment, en ayant soin de ne pas mélanger la terre de la surface à celle du sous-sol.

On a dosé l'azote et obtenu les chiffres suivants :

Désignation des parcelles.	Azote dans l'échantillon n° 1.	Azote dans l'échantillon n° 2.	Moyenne.
Témoin....................	0.72	0.86	0.79
1 200 k. azotate de soude..	0.76	0.72	0.74
1 200 k. sulfate d'ammoniaque	0.88	0.90	0.89
80 000 k. fumier de ferme..	0.86	0.68	0.77

Les différences entre les échantillons sont plus grandes que pour la couche superficielle, et il n'est pas extraordinaire qu'il en soit

ainsi : la couche profonde renferme du calcaire en proportions variables, et suivant que ces morceaux de calcaire ont été plus ou moins abondants, ils ont appauvri les échantillons de quantités variables.

Le seul point important à signaler est que le sous-sol de la parcelle qui a reçu du sulfate d'ammoniaque s'est enrichi, tandis que le sous-sol du témoin, de la parcelle au fumier ou de la parcelle à l'azotate de soude présentent à peu près la même teneur en azote.

Si, nous servant des chiffres précédents, nous voulons calculer la quantité d'azote contenue dans la seconde couche de $0^m,35$, nous trouverons les chiffres suivants.

	Azote par hectare.
Témoin	3 041 k.
1 200 k. sulfate d'ammoniaque	2 849
1 200 k. sulfate d'ammoniaque	3 426
80 000 k. fumier de ferme	2 964

L'enrichissement du sous-sol sous l'influence du sulfate d'ammoniaque est ici plus apparent. Ce sol, qui n'a exercé qu'une action peu favorable sur la récolte, a donc eu pour effet d'augmenter la richesse totale du sol de la parcelle; et si en effet on calcule le poids total d'azote contenu dans l'ensemble des deux couches, on trouve les nombres suivants :

Désignation des parcelles.	
Témoin sans engrais	9 470
1 200 k. azotate de soude	9 740
1 200 k. sulfate d'ammoniaque	10 664
80 000 k. fumier	10 702

Ces chiffres nous conduisent à quelques remarques importantes : dans un sol comme celui du champ d'expériences, les nitrates donnés à faible dose exercent une action marquée sur la végétation, mais ce qui n'est pas utilisé immédiatement est presque irrévocablement perdu. On ne retrouve l'azote des nitrates ni dans la couche superficielle ni dans la couche profonde, et en réalité la richesse des parcelles qui ont reçu 3 600 kilos d'azotate de soude n'est guère supérieure à la richesse du témoin. Ainsi le nitrate de soude exerce une action assez favorable sur la végétation du maïs fourrage, mais il n'enrichit pas le sol.

Il en est tout autrement du sulfate d'ammoniaque : son action sur la végétation du maïs fourrage a été très-faible; mais il a au contraire enrichi le sol considérablement, et ce qu'il y a de curieux, c'est que le sous-sol s'est enrichi plus que la couche superficielle. Peut-être nous sera-t-il permis de rappeler que l'un de nous, dans un de ses travaux antérieurs déjà anciens (1), avait attribué l'influence heureuse qu'exerce l'épandage du plâtre sur les terres arables à la propriété qu'il communique aux carbonates contenus dans les couches superficielles de descendre dans les couches profondes en les métamorphosant en sulfates : les sulfates en effet sont moins bien retenus par les terres arables que les carbonates. Il est remarquable que dans le sol de notre champ d'expérience le sulfate d'ammoniaque ait traversé la couche superficielle sans s'y arrêter et qu'il soit venu enrichir le sous-sol : c'est une vérification remarquable des propriétés que les expériences antérieures avaient permis d'attribuer aux sulfates.

§ VII. — Dosages d'azote effectués sur le sol des parcelles cultivées en pommes de terre.

La comparaison entre l'état du sol qui a porté les pommes de terre et celui qui a porté le maïs est d'autant plus intéressante que la pomme de terre ne paraît pas bénéficier de l'emploi du fumier au même degré que le maïs.

Si on se reporte au résumé que nous avons donné page 110 du présent volume, on arrive en effet, pour la somme des tubercules récoltés en 1875, 1876 et 1877 aux chiffres suivants :

		Hectolitres.
Parcelles 21.	Témoin	769
» 22.	400 k. azotate de soude	807
» 28.	400 k. sulfate d'ammoniaque	903
» 26.	1200 k. azotate de soude	892
» 32.	1200 k. sulfate d'ammoniaque	786
» 17.	20 000 k. fumier de ferme	995
» 19.	80 000 —	1 055

Les parcelles qui ont reçu le fumier sont supérieures à celles qui ont eu les engrais chimiques et au témoin, mais les différences ne sont plus excessives comme dans le cas du maïs.

(1) Sur le plâtrage des terres arables, *Annales du Conservatoire*, 1863-1865. Voyez aussi le *Cours de chimie agricole* de Dehérain, p. 420.

La prise d'échantillon et les analyses du sol ont été exécutées ainsi qu'il a été dit plus haut, il n'est donc pas nécessaire d'y revenir.

TABLEAU N° III. — AZOTE CONTENU DANS UN KILOGRAMME DES TERRES DES DIVERSES PARCELLES.

TERRE A LA SURFACE. — POMMES DE TERRE.

PARCELLE 27 sans fumier. — Témoin.	PARCELLE 22 ayant reçu 400 k. azotate de soude en 1875, 76, 77, 78.	PARCELLE 26 ayant reçu 1 200 k. azotate de soude en 1875, 76, 77.	PARCELLE 27 ayant reçu 400 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 76, 77, 78.	PARCELLE 32 ayant reçu 1 200 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 76, 77.	PARCELLE 17 ayant reçu 20 000 k. fumier de ferme en 1875, 76, 77, 78.	PARCELLE 19 ayant reçu 80 000 k. fumier de ferme en 1875, 76, 77.
gr. 1.68 1.74	gr. 1.61 1.54 1.54 1.62	gr. 1.80 1.76	gr. 1.70 1.84	gr. 1.74 1.73	gr. 1.82 1.96	gr. 2.02 2.13
Moyenne. 1.74	Moyenne. 1.58	Moyenne. 1.78	Moyenne. 1.77	Moyenne. 1.74	Moyenne. 1.89	Moyenne. 2.08

Nous trouvons, si nous comparons ces chiffres les uns au autres, que, contrairement à ce qui est arrivé pour le maïs, ce n'est pas le témoin qui est le plus pauvre, mais bien la parcelle 22, qui a reçu l'azotate de soude. A quoi est dû cet appauvrissement d'un sol qui a reçu depuis quatre ans 400 kilos d'azotate de soude à chaque printemps, nous ne saurions le dire; mais ce qu'il y a de fort curieux, c'est que cet appauvrissement constaté par l'analyse l'est également par la récolte : ainsi, en 1875, le témoin donnant 284 hectolitres, cette parcelle 22 a donné 344; en 1876, les deux parcelles donnent le même chiffre : 230 hectolitres; en 1877, le témoin fournit 255 hectolitres, et 22 233 seulement; c'est le chiffre le plus faible qui ait été constaté.

La parcelle qui a reçu 1200 kilos d'azotate de soude pendant trois ans n'est pas plus riche que celle qui a eu 400 kilos de sulfate d'ammoniaque pendant quatre ans, bien que les quantités d'azote données soient bien différentes; la grande quantité de sulfate d'ammoniaque donné sur 32 ne l'a pas enrichi considérablement; enfin, les parcelles qui ont reçu le fumier sont celles qui renferment la plus grande quantité d'azote combiné.

TABLEAU N° IV. — QUANTITÉS D'AZOTE CONTENUES DANS LA COUCHE SUPERFICIELLE DU SOL DES PARCELLES CULTIVÉES EN POMMES DE TERRE.

ENGRAIS REÇUS par LES PARCELLES.	AZOTE apporté par les engrais.	AZOTE enlevé par les récoltes.	AZOTE des récoltes fourni par l'engrais.	AZOTE utilisé % de l'azote contenu dans l'engrais.	AZOTE contenu dans la couche superficielle.	AZOTE en excès sur le témoin.	AZOTE gagné % de l'azote de l'engrais.	PERTE ou GAIN d'azote.	GAIN ou PERTE % (1) de l'azote de l'engrais.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
21. Témoin (sans engrais).	0	198			6622				
22. 400 k. azotate de soude en 1875, 76, 77, 78....	256	208	10	3.90	6044	— 578	— 326	— 824	— 422
27. 400 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 76, 77, 78	336	236	38	11.30	6853	+ 231	+ 68.7	— 106	— 131
26. 1 200 k. azotate de soude en 1875, 76, 77	576	229	31	5.30	6814	+ 192	+ 33.5	— 314	— 154
32. 1 200 k. sulfate d'ammoniaque en 1875, 76, 77.	756	202	4	0.50	6699	+ 77	+ 10.1	— 675	— 189
17. 20 000 k. fumier de ferme en 1875, 76, 77, 78.	400	256	58	14.20	7238	+ 616	+ 154.0	+ 274	+ 68.5
19. 80 000 k. fumier de ferme en 1875, 76, 77....	1200	300	102	8.50	7969	+ 1347	+ 112.0	+ 249	+ 20

(1) Le signe + indique un gain et le signe — une perte.

En s'appuyant sur les chiffres du tableau n° III, nous pouvons dresser le tableau n° IV, dans lequel nous donnons, comme dans le tableau n° II, la quantité d'azote apportée au sol par les engrais, la quantité enlevée par la récolte, la quantité de l'azote de la récolte enlevée par les engrais; et enfin, dans la quatrième colonne, la proportion d'azote prise par la récolte pour 100 d'azote fourni par l'engrais.

Cette quantité est toujours très-minime pour les engrais chimiques; dans le cas le plus favorable, elle dépasse à peine 10 pour 100; et dans le cas du fumier, 14 pour 100. C'est la petite dose de sulfate d'ammoniaque qui a donné à la récolte la plus forte fraction de l'azote qu'elle renfermait; la forte dose de sulfate d'ammoniaque a semblé être vénéneuse, au moins elle n'a exercé aucune action avantageuse, puisque la quantité du tubercule récoltée est à peu près la même que celle du témoin (1).

Si nous calculons la quantité d'azote contenue dans la couche superficielle d'un hectare, nous trouvons qu'à l'exception de 22 toutes les parcelles sont plus riches que le témoin. Mais les quantités d'azote en excès sur le témoin sont faibles partout, excepté dans le cas du fumier; et si nous calculons la perte ou le gain de chaque parcelle, nous trouvons qu'aucune de celle qui a reçu les engrais chimiques ne s'est enrichie; c'est-à-dire qu'elles n'ont pas conservé l'azote que les engrais leur ont apporté. Il en est tout autrement dans le cas du fumier de ferme : le sol s'est enrichi dans les deux cas, mais plus encore quand il a reçu tous les ans une dose moyenne de fumier que lorsqu'on lui a donné une fumure excessive pendant trois ans, puis qu'on a cessé de lui fournir de l'engrais au commencement de cette campagne.

§ VIII. — Sur la richesse en carbone du sol des diverses parcelles.

Si les dosages d'azote exécutés nous ont permis de répondre à l'une des deux questions que nous nous étions posées, ces dosages ne nous donnent pas encore une réponse positive à la question principale dont l'étude fait l'objet de ce mémoire, à savoir sous quelle forme l'azote de l'engrais est-il le plus efficace pour favoriser le développement du maïs ou des pommes de terre.

(1) C'est surtout pendant l'année sèche de 1876 que la récolte a été faible sur cette parcelle.

Les récoltes ont été en moyenne les suivantes :

	Sans engrais.	Fumier de ferme.	Azotate de soude.	Sulfate d'ammoniaque.
Maïs fourrage.....	56 750 k.	86 512 k.	66 280	64 380 k.
Pommes de terre..	250 hect.	356 hect.	307 hect.	288 hect.

Il en résulte nettement que le fumier de ferme a été plus efficace que l'azotate de soude ou le sulfate d'ammoniaque; mais son efficacité peut tenir à plusieurs causes différentes, et on ne saurait absolument en tirer que les matières ulmiques azotées sont pour le maïs ou pour les pommes de terre un aliment préférable au sulfate d'ammoniaque ou à l'azotate de soude.

Le fumier exerce en effet une action physique importante. Un sol qui en est pourvu conserve mieux l'humidité que celui qui en est privé; le fumier ne se décompose que lentement, les matières complexes qu'il renferme ne se métamorphosent que peu à peu en substances solubles, et fournissent ainsi à la plante, à mesure de ses besoins, les éléments nécessaires à son alimentation, tandis que les engrais chimiques répandus en une seule fois peuvent exercer une action fâcheuse à cause même de leur solubilité, et c'est ce que nous avons remarqué souvent pour le sulfate d'ammoniaque, ou peuvent encore disparaître trop vite dans le sous-sol.

Nous avons essayé d'éviter ces deux inconvénients en donnant les engrais solubles à diverses reprises à mesure des besoins de la plante; mais sans obtenir des effets meilleurs que ceux qui fournissent les engrais donnés d'un seul coup au début de la végétation; nous avons fait remarquer, en outre, qu'en 1877 (1), année humide, le fumier avait été encore plus efficace sur le maïs qu'en 1876, année sèche, ce qui n'aurait pas eu lieu si son action eût été purement physique. Cette action physique est loin d'être nulle et parfois elle peut contre-balancer l'influence heureuse qu'exerce l'aliment ulmique lui-même; c'est ainsi qu'en 1877, la récolte des pommes de terre a été d'autant moins abondante que la dose de fumier répandu fut plus considérable. A ces preuves indirectes de l'influence qu'exerce la matière ulmique sur l'alimentation des plantes, nous avons voulu essayer d'ajouter une démonstration plus complète en recherchant l'épuisement du sol en matières ulmiques, sous l'influence de ces deux végétaux différents, maïs et pommes de terre, qui semblent les utiliser

(1) Voyez *Annales agronomiques*, tome IV, page 103.

inégalement, et nous avons étudié le sol des diverses parcelles, non-seulement au point de vue de sa richesse en azote, mais encore à celui de sa contenance en carbone des matières organiques.

Les dosages ont été exécutés sur les échantillons qui avaient déjà servi à la détermination de l'azote; il n'y a donc pas lieu de revenir sur la prise d'échantillons, mais il importe d'indiquer comment on a opéré.

On a dosé le carbone total en brûlant la matière organique à l'aide de l'oxyde de cuivre, et en outre en déplaçant l'acide carbonique des carbonates au moyen de l'acide tungstique, suivant le procédé de M. Cloëz. La combustion est au reste constamment activée à l'aide d'un courant d'air sec. On recueillait dans des boules de Liebig l'acide carbonique dégagé provenant de deux sources différentes : acide carbonique des carbonates, acide carbonique dû à la combustion du carbone des matières organiques. D'autre part, on dosait l'acide carbonique des carbonates en attaquant la terre par l'acide chlorhydrique, on faisait passer les gaz au travers de ponce imbibée de sulfate de cuivre anhydre pour retenir les vapeurs d'acide chlorhydrique, et on enlevait les dernières traces de gaz au moyen d'un courant d'air débarrassé d'acide carbonique; le dosage de l'acide carbonique s'exécutait à l'aide de liqueurs titrées par la méthode de M. Houzeau (1).

Les résultats obtenus sont consignés aux tableaux V et VI.

Un fait frappe tout d'abord; c'est que le carbone total est partout plus abondant dans les parcelles qui ont porté des pommes de terre que dans celles qui ont été cultivées en maïs, et en outre que les parcelles se placent dans les deux cas dans le même ordre. Les parcelles qui ont reçu de l'azotate de soude sont les plus pauvres; celles qui ont reçu du sulfate d'ammoniaque ont conservé une richesse analogue à celle du sol cultivé sans engrais; enfin, naturellement, les parcelles qui ont eu le fumier renferment une proportion plus considérable de carbone.

Une première interprétation se présente naturellement à l'esprit pour expliquer la richesse en carbone des parcelles qui ont porté les pommes de terre; c'est l'abandon des fanes sur le sol; mais s'il en était ainsi, on trouverait entre les parcelles qui ont porté du maïs et celles qui ont été cultivées en pommes de terre des différences

(1) Voyez *Annales agronomiques*, t. I, p. 201, 1875.

TABLEAU N° V. — CARBONE DANS UN KILOGRAMME DES DIVERSES TERRES. POMMES DE TERRE.

NUMÉROS. des parcelles.	ÉCHANTILLONS.	CO^2 des carbonates.	ACIDE CARBONIQUE total.	CARBONE des matières organiques.
21	Témoin 1	gr. 25	gr. 84.78	gr. 16.30
32	Sulfate 1	20	81.74	16.85
26	Azotate 2	21	75.20	14.72
21	Témoin 2	25.70	84.69	16.08
19	Fumier 2	29	107.16	21.31
32	Sulfate 2	19.38	83.02	17.35
26	Azotate 1	22	75.40	14.60
19	Fumier 1	29	107.18	21.32

TABLEAU N° VI. — CARBONE CONTENU DANS UN KILOGRAMME DES DIVERSES TERRES. — MAÏS.

NUMÉROS.	ÉCHANTILLONS.	CO^2 des carbonates.	ACIDE CARBONIQUE total.	CARBONE des matières organiques.
35	Fumier 1	gr. 26.88	gr. 88.50	gr. 16.80
48	Sulfate 1	25.40	80.88	15.20
37	Témoin 1	21.84	77.06	15.06
37	Témoin 2	21.80	77.48	15.18
37	Témoin 2	21.84	77.91	15.35
42	Azotate 1	24.50	72.83	13.13
42	Azotate 2	24.80	73.25	13.21
35	Fumier 2	27.10	88.20	16.66

analogues. Or, si nous cherchons les différences, nous trouvons en faveur du sol qui a porté les pommes de terre :

Témoin	0.93
Azotate de soude	1.49
Sulfate d'ammoniaque	1.40
Fumier	4.61

Les différences dans les récoltes de pommes de terre ne sont pas assez grandes pour que les fanes abandonnées puissent produire des chiffres aussi éloignés les uns des autres.

La plupart des physiologistes admettent aujourd'hui que les plantes vivent exclusivement de produits brûlés, tels que les nitrates, les phosphates, les sels de potasse, et puisent leur carbone dans l'acide carbonique de l'air, et il n'est pas douteux que certaines plantes puissent atteindre leur développement complet à l'aide de cette alimentation. M. Boussingault, M. G. Ville, M. Fremy, et l'un des auteurs de ce mémoire, l'ont fait voir pour diverses plantes ; mais ce régime est-il le seul qui convienne, et ne peut-on supposer que les plantes bénéficient également des matières ulmiques, les absorbent en nature, et que pour quelques-unes d'entre elles, cette alimentation est même préférable à toutes les autres? C'est ce qui paraît évident pour les légumineuses qui ne prospèrent que sur des sols chargés d'humus. N'en serait-il pas de même pour le maïs fourrage?

Puisqu'il n'a jamais été démontré que certains végétaux se rapprochant par l'alimentation des plantes parasites, sont incapables d'utiliser les matières ulmiques; puisque l'idée que les plantes sont incapables d'absorber l'humus en nature est encore à l'état d'hypothèse, nous pouvons supposer que les végétaux prennent leurs aliments azotés sous trois formes différentes : sous forme de nitrates, sous forme de sels ammoniacaux, sous forme de matières ulmiques; et cette hypothèse nous permettra d'expliquer tous les faits observés avec la plus grande facilité.

Nous voyons qu'en général la pomme de terre bénéficie de l'emploi du fumier de ferme plus que des engrais chimiques; c'est donc que ce mode d'alimentation lui convient, mais il ne lui est pas indispensable. Nous trouvons en effet, dans certains cas, qu'une alimentation de sulfate d'ammoniaque produit un effet analogue à celui qu'exerce le fumier; nous comprenons donc que cette matière ulmique n'étant pas l'aliment préféré, s'accumule dans le sol ; de là la richesse en carbone du sol des diverses parcelles.

Pour le maïs fourrage les choses se passent tout autrement. Jamais les engrais chimiques n'ont donné une récolte égale à celle du fumier; les différences sont excessives. C'est déjà une présomption que les matières ulmiques du fumier ont été utilisées, et cette présomption devient une certitude quand nous voyons la matière ulmique, le carbone combiné, disparaître dans ce sol, tellement que

les parcelles qui ont reçu pendant trois ans les doses de carbone combiné contenues dans 240 tonnes de fumier n'en renferment pas davantage que le sol du témoin cultivé en pommes de terre qui n'a rien reçu du tout. Il y a là une influence de la plante qui démontre avec précision que si le maïs fourrage peut s'accommoder à la rigueur d'une alimentation de matières salines, il n'acquiert tout son développement qu'autant qu'il rencontre dans le sol une abondante provision de matières carbonées.

Il est à remarquer en outre que les parcelles les plus pauvres en matière carbonée sont dans les deux cas celles qui ont eu des azotates; il est vraisemblable que ce sel s'est réduit au contact de la matière carbonée, l'a oxydée et l'a amenée à l'état d'acide carbonique qui s'est échappé; c'est un fait à noter et à vérifier de nouveau. Il sera important de savoir si l'azotate de soude appauvrit le sol en matières ulmiques, ce qui serait un inconvénient dans beaucoup de circonstances, et peut-être un avantage dans quelques cas restreints.

Conclusions.

En résumé, nous pouvons tirer des analyses discutées dans ce mémoire les faits suivants :

1° L'aliment de préférence du maïs fourrage paraît être la matière ulmique. Cette conclusion repose sur les faits suivants :

a. Le fumier de ferme augmente beaucoup plus la récolte du maïs fourrage que ne le font les engrais chimiques.

b. Le sol qui a porté le maïs fourrage est très-appauvri en matières ulmiques.

2° Les pommes de terre ne bénéficient pas des matières ulmiques au même degré que le maïs fourrage. Cette conclusion repose sur les faits suivants :

a'. Le fumier de ferme augmente en général la récolte des pommes de terre plus que les engrais chimiques; mais cependant parfois les parcelles qui ont reçu ces engrais chimiques donnent des récoltes aussi abondantes que les parcelles qui ont reçu le fumier.

b'. Le sol qui a porté les pommes de terre n'est pas très-appauvri en matières ulmiques.

3° Le sol qui a reçu du fumier de ferme, qu'il ait été cultivé en

maïs ou en pommes de terre, s'est enrichi en matières azotées, c'est-à-dire que si on le compare au témoin, il renferme plus d'azote que les engrais ne lui en ont fourni.

4° Le sol qui a reçu du sulfate d'ammoniaque s'est appauvri à la surface, mais présente au contraire un sous-sol plus riche que lorsqu'on a employé le fumier de ferme.

5° Le sol qui a reçu de l'azotate de soude s'est appauvri à la surface, le sous-sol ne s'est pas enrichi.

De tous nos essais, nous pouvons donc tirer cette conclusion finale : dans un sol comme celui du champ d'expériences de Grignon, la culture au fumier de ferme est plus avantageuse que la culture soutenue à l'aide des engrais chimiques.

NOUVELLE LIQUEUR CUIVRIQUE CARBONATÉE

POUR LE DOSAGE DU SUCRE ET DU GLUCOSE

PAR

M. H. PELLET.

Chimiste de la Cie de Fives-Lille.

Depuis longtemps on a donné diverses formules pour la préparation de la liqueur généralement connue sous le nom de liqueur de Fehling. Cependant on peut les classer en plusieurs groupes :

1° Liqueurs dans lesquelles on emploie : la *crème de tartre*, le *sulfate de cuivre* et la *potasse* (liqueur Bareswill).

2° Liqueurs dans lesquelles la crème de tartre est remplacée par du *tartrate neutre de potasse* (Fehling).

3° Liqueurs dans lesquelles la crème de tartre et le tartrate neutre de potasse sont remplacées par du *sel de seignette* (Viollette, *Dosage du sucre par les liqueurs titrées*, p. 12).

4° Liqueurs dans lesquelles on ajoute une partie de carbonate de soude (liqueur Bareswill, indiquée par Basset, p. 3, t, I) ou de sel ammoniac (Monnier, *Essai des sucres*, p. 24).

5° Liqueur à la *glycérine* de Lœwe (Chevallier et Baudrimont, *Dictionnaire des altérations*, p. 1032).

6° Liqueurs dans lesquelles les alcalis caustiques sont entièrement supprimés (liqueurs Lowenthal, Possoz, Pellet).

Dans quelques ouvrages on indique aussi les liqueurs de Poggiale,

Rosenthal, Chevallier et O. Reveil. Mais toutes ces liqueurs rentrent dans un des trois premiers groupes.

D'un autre côté, on peut dire que chaque chimiste ayant opéré un certain nombre de dosages avec l'une ou l'autre de ces liqueurs caustiques, est arrivé à modifier le rapport entre la soude, le sulfate de cuivre et les tartrates alcalins, de telle sorte qu'il y a une variété considérable de formules indiquées pour la préparation du réactif cupro-potassique.

Inconvénients des liqueurs cupro-potassiques très-alcalines.

Avant de donner la composition de notre nouvelle liqueur carbonatée permettant de doser avec une grande exactitude de petites quantités de glucose ou de sucres réducteurs, nous devons résumer les inconvénients des liqueurs genre Fehling-Viollette.

1° La liqueur bleue conservée pendant un certain temps change de titre. Ce fait a été observé par divers opérateurs, MM. Champion et Pellet ont même indiqué que ce changement de titre pouvait avoir lieu sans observer un dépôt de cuivre. C'est-à-dire que le liquide subit une modification quelconque qui fait qu'un équivalent de sucre ne précipite plus exactement 10 équivalents de cuivre, mais un chiffre plus élevé. D'où un titre plus faible.

2° Dépôt d'oxyde de cuivre après un certain temps. Sauf dans la liqueur Monnier, où la stabilité est donnée par l'addition de 3 grammes de sel ammoniac par litre de réactif.

3° Décomposition de la liqueur Fehling chauffée en présence du sucre pur (Feltz).

4° La liqueur cuprique chauffée seule soit à l'ébullition, soit au bain-marie en présence d'un volume d'eau distillée, subit une modification facile à constater par la décoloration de la liqueur additionnée d'acide chlorhydrique pur, au moyen du protochlorure d'étain (Expériences de MM. Champion et Pellet, *Moniteur Quesneville*, mars 1875).

5° Décomposition complète de la liqueur à l'ébullition en présence d'un grand volume d'eau distillée (Loiseau).

6° Lorsque la liqueur bleue est étendue pour le dosage de liqueurs sucrées faibles, on ajoute souvent de la soude ou de la potasse. Certains opérateurs même recommandent l'addition de ces alcalis pour

faciliter le dépôt cuivreux, etc. Nous avons remarqué que lorsqu'on avait recours à ce réactif ainsi surchargé d'alcali, on changeait le titre réel de la liqueur cuprique ; c'est-à-dire que le poids du cuivre précipité pour une quantité donnée de sucre n'était plus le même. Nos observations nous ont démontré que plus on ajoutait de potasse, moins il fallait employer de glucose.

Enfin, un dernier inconvénient est celui qui a été signalé par M. Viard. Nous voulons parler du titre différent que possède la liqueur lorsqu'elle est employée à l'état normal ou en solution étendue.

Nous avons fait cette remarque pour notre nouvelle liqueur; nous indiquerons le remède.

L'emploi de la liqueur Viollette-Fehling, telle qu'on a l'habitude de s'en servir, devient encore difficile, dans le cas des liquides colorés, pour arriver à déterminer sûrement le point exact de la fin de l'opération.

Les liqueurs de Lœwe et de Lowenthal sont peu connues; mais nos essais nous ont démontré qu'au point de vue de la stabilité elles n'étaient guère préférables à la liqueur Viollette.

Des liqueurs cuivriques carbonatées pour le dosage du glucose.

Les seules liqueurs connues jusqu'à ce jour dans lesquelles on a employé le carbonate de soude à l'exclusion de toute autre base sont :

1° *Liqueur Possoz* (1).

1re dissolution	Sel de seignette	300 gr.
	Eau distillée	300 —
	Lessive de soude à 1326 — D.	100 —
2e dissolution	Sulfate de cuivre pur et cristallisé	50 —
	Eau distillée	100 —

La deuxième est versée dans la première. Le mélange est additionné de 150 grammes de bicarbonate de soude, puis le tout porté à l'ébullition pendant 1 heure. Lorsque la liqueur est refroidie à 50°, y ajouter 150cc d'une solution de sucre interverti à 1 pour 100. De nouveau maintenir l'ébullition pendant 1 heure. Filtrer, titrer et étendre d'eau pour que 10cc = 0g,025 de sucre.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 23 février 1874, et *Saccharimétrie chimique de Possoz*, p. 3.

Cette préparation est assez longue.

2° *Liqueur de Lowenthal* (Bolley et Kopp, p. 75. Édition de 1877).

Elle se prépare avec :

93gr,72 d'acide tartrique,
562gr,32 de carbonate de soude cristallisé,
81gr,24 de sulfate de cuivre pur.
Le tout pour 1 litre 20cc = 0gr,10 de glucose.

Cette liqueur simplement chauffée à l'ébullition, ou au bain-marie pendant un certain temps, laisse déposer de l'oxyde de cuivre.

3° *Liqueur Pellet*. La formule de notre liqueur est la suivante :

Sel de seignette	200 gr.
Carbonate de soude pur et sec	100
Sulfate de cuivre pur et cristallisé	68 à 70 gr.
Chlorhydrate d'ammoniaque	7 gr.
Eau pour faire un litre.	

La préparation est facile. Il suffit de verser les quatre produits solides dans une capsule de porcelaine, d'y ajouter 5 à 600cc d'eau distillée. Le tout est chauffé jusqu'à dissolution complète. Il y a dégagement d'acide carbonique. Après refroidissement, on termine le volume de 1 litre. On filtre s'il y a lieu.

Cette liqueur est entièrement stable.

Mode d'emploi de la liqueur Pellet. — Détermination du double titre de cette liqueur.

Comme pour toutes les liqueurs cuivriques, nous devons déterminer ou vérifier le titre de la liqueur préparée. Les quantités respectives de sulfate de cuivre et des divers produits donnent un liquide dont en général 10cc = 0gr,05 de sucre.

Mais avant d'entrer dans les détails de la manipulation, nous devons dire ce que nous entendons par *double titre*.

Précédemment nous avons dit que suivant la dilution de la liqueur Fehling, le poids de cuivre précipité pour un poids donné de glucose était variable. Or ce fait a lieu également dans notre liqueur.

Par conséquent, pour éviter des erreurs dans l'analyse des solu-

tions étendues, nous titrons notre liqueur ***par rapport aux solutions concentrées*** et ***par rapport aux solutions faibles***, et suivant qu'on essaye un liquide concentré ou un liquide faible, on fait usage d'un des titres marqués sur l'étiquette du flacon.

Pour avoir le titre de notre liqueur carbonatée, il est nécessaire de préparer les solutions suivantes :

1° Liqueur titrée de glucose 10^{cc} = 0^{gr},05 de sucre;

2° Liqueur titrée de sulfate de cuivre;

3° Liqueur de protochlorure d'étain.

1° *Liqueur titrée de glucose.*

On la prépare, comme tout le monde le sait, en prenant 5 gr. de sucre pur et sec, dissous dans 3 à 400^{cc} d'eau distillée; ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique, chlorhydrique ou oxalique pour intervertir, chauffer et compléter le litre.

Un inconvénient de la liqueur sucrée ainsi préparée est qu'elle ne peut servir longtemps. Même en portant le chiffre de l'acide sulfurique à 10 grammes, il y a formation de moisissures dans la plupart des cas après un certain laps de temps.

Pour avoir une liqueur se conservant indéfiniment, nous ajoutons en même temps que l'acide nécessaire à l'inversion, 1 gr. d'acide salicylique qui se dissout peu à peu. S'il restait une partie insoluble, on filtrerait après avoir complété le volume de 1 litre à froid.

2° *Liqueur titrée de sulfate de cuivre.*

Elle se prépare en dissolvant 39^{gr},32 de sulfate de cuivre pur et cristallisé dans un volume total de 1 litre 10^{cc} = 0^{gr},1 de cuivre.

3° *Solution de protochlorure d'étain.*

Dissoudre 18 à 20 grammes de protochlorure d'étain cristallisé dans un mélange fait avec :

100 à 150^{cc} d'acide chlorhydrique pur,
800 à 900^{cc} d'eau distillée.

Cette solution s'altère peu à peu par suite de l'oxydation partielle du protochlorure d'étain. On diminue considérablement cette altération en mettant le liquide à l'abri du contact de l'air, à l'aide d'une couche d'huile d'environ 2 cent. Le flacon dans lequel on conserve la liqueur porte une tubulure inférieure munie d'un robinet en verre permettant de soutirer facilement le liquide clair.

Détails des opérations pour la détermination des titres de la liqueur carbonatée.

On prend trois matras en verre blanc d'environ 150 à 200^{cc}.

Dans le n° 1 on met 10^{cc} de liqueur cuivrique carbonatée;

2, id. 20^{cc} id. id. id.

auxquels on a ajouté 20^{cc} d'eau et 10^{cc} de la liqueur sucrée titrée, et dans le n° 3, enfin, 20^{cc} de la liqueur cuivrique, mais 50^{cc} d'eau et 10^{cc} de liquide titré de glucose.

Le n° 2 sert à établir le titre pour les liqueurs ordinaires;

Le n° 3 sert id. id. id. id. diluées.

C'est-à-dire que dans le cas d'une analyse d'une solution peu riche en glucose, on pourrait remplacer les 50^{cc} d'eau par 50^{cc} de liqueur à essayer.

Les ballons n°s 2 et 3 sont mis au bain-marie bouillant pendant environ une demi-heure. Il y a réduction partielle de la liqueur et précipité d'oxyde rouge de cuivre.

Pendant le temps que les liqueurs sont au bain-marie, on titre le ballon n° 1.

Pour cela, aux 10^{cc} de liqueur bleue on ajoute 15 à 20^{cc} d'acide chlorhydrique pur. Il y a dégagement d'acide carbonique et la coloration passe au vert. Quelquefois il y a un léger précipité de chlorure de sodium peu soluble dans l'acide chlorhydrique; on le redissout par l'addition de quelques centimètres cubes d'eau.

On porte à l'ébullition ce mélange dont la teinte devient plus intense et on le décolore exactement par le protochlorure d'étain versé à l'aide d'une burette graduée, l'ébullition étant maintenue. Le point exact de décoloration se saisit nettement.

Si on a poussé trop loin l'addition du sel d'étain, on recommence l'opération.

On trouve, par exemple, pour 10^{cc} de liqueur bleue, 11^{cc},7 de protochlorure d'étain.

Une fois ce point établi, on reprend les ballons 2 et 3. Le n° 2 est d'abord sorti du bain-marie et on y ajoute avec précaution, pour éviter les débordements, 15 à 20^{cc} d'acide chlorhydrique pur et bouillant.

Il y a également changement de teinte. On porte à l'ébullition et

on décolore exactement par le protochlorure d'étain, comme il est dit ci-dessus.

Soit, par exemple, 11^{cc},8 de protochlorure d'étain.

La même manipulation s'opère sur le n° 3.

Soit 12^{cc},3.

Calcul des titres.

Ballon n° 2. 20^{cc} liqueur bleue + 10^{cc} liqueur sucrée = 0g,05 sucre.

Pour 10^{cc} liqueur bleue il a fallu (ballon n° 1).	11^{cc},7	de protochlorure d'étain.
— 20^{cc} — il faudrait...........	23^{cc},4	—
Mais après l'action du glucose on n'a retrouvé que.	11^{cc},8	
	11^{cc},6	

La différence 11^{cc},6 représente donc l'action de 0gr,05 sucre.

Le calcul se fait ainsi :

Si 11^{cc},6 de protochlorure d'étain = 0gr.05 sucre,
11^{cc},7 — ou 10^{cc} liqueur bleue = X X = 0gr,0504

Ballon n° 3. Un calcul analogue donne :

Avant......	23^{cc},4	
Après......	12^{cc},5	et si 10^{cc},9 = 0gr.05 sucre
	10^{cc},9	11^{cc},6 = X X = 0gr,0532.

Enfin, si l'on veut savoir combien 10^{cc} de liqueur bleue contiennent de cuivre, on titre le protochlorure d'étain avec la solution également titrée de sulfate de cuivre :

Pour cela, on prend 10^{cc} de cette solution + 15 à 20^{cc} d'acide chlorhydrique pur, on fait bouillir et on décolore exactement par le protochlorure d'étain.

On trouve par exemple :

13^{cc},1 SnCl pour 20^{cc} ou 0gr,2 de cuivre

Donc

Si 13^{cc},1 = 0gr,2 cuivre
11^{cc},6 = X X = 0gr,177 cuivre.

En résumé l'étiquette du flacon portera :

A	B
TITRE POUR LES LIQUEURS FORTES.	TITRE POUR LES LIQUEURS FAIBLES
10^{cc} = $0^{gr},177$ cuivre.	10^{cc} = $0^{gr},177$ cuivre.
— = $0^{gr},0504$ sucre.	— = $0^{gr},0532$ sucre.
— = $0^{gr},053$ glucose.	— = $0^{gr},0562$ glucose.
1 de sucre = 3,51 cuivre.	1 de sucre = 3,32 cuivre.
1 de glucose = 3,34 —	1 de glucose = 3,16 —

Théorie des opérations.

1° L'action du glucose sur la liqueur carbonatée donne un dépôt d'oxydule de cuivre plus abondant que dans les liqueurs alcalines pour un même poids de glucose.

2° Ce protoxyde de cuivre se dissout à chaud dans l'acide chlorhydrique pur en passant à l'état de protochlorure de cuivre incolore.

3° Le perchlorure de cuivre coloré se décolore par le protochlorure d'étain pour former du protochlorure de cuivre et du bichlorure d'étain, corps incolores, et cela d'après l'équation indiquée par M. F. Weil, à qui nous devons le procédé de dosage du cuivre : $2CuCl + SnCl = Cu^2Cl + SnCl^2$.

Lorsqu'on fait réagir du glucose sur un volume déterminé de liqueur cuivrique, tout l'excès de liqueur bleue passe seul, avec l'addition d'acide chlorhydrique, à l'état de perchlorure de cuivre coloré titrant par le protochlorure d'étain.

Applications aux dosages du glucose et du sucre dans les solutions ordinaires.

La méthode décrite ci-dessous est le résumé des expériences faites sur la question par MM. F. Weil, Possoz, Champion et Pellet.

On divise les solutions sucrées en deux catégories :

1° Solutions incolores ne contenant que du glucose ou du sucre pur;

2° Solutions ne contenant que du glucose, mais colorées, ou solutions incolores ou colorées contenant du sucre et du glucose.

Prenons, par exemple, comme représentant le premier groupe, un jus provenant de l'attaque d'une pulpe ou d'une betterave,

dans lequel il n'y a plus que du glucose, incolore par suite de la dilution et correspondant à 10 grammes de betteraves ou de pulpe dans un volume de 250cc.

On met 20cc liqueur cuivrique. | Pour avoir 50cc et prendre comme
10cc — sucrée. | point de départ le titre de la liqueur
20cc eau. | bleue A.

On met au bain-marie, etc., après réduction, traitement par l'acide chlorhydrique chaud et titrage par le protochlorure d'étain. On emploie par exemple 14cc,3.

Or avant pour 20cc liqueur bleue il fallait (11cc,7 × 2) ou.	23cc,4
après................	14cc,3
différence....	9cc,1

Si 11cc,6 SnCl = 0gr,05 sucre
9cc,1 = X X = 0gr,0392
Or 10cc liqueur sucrée = 0gr,0392
250cc — = X X = 0gr,98
et si 10gr betteraves ou pulpe = 0gr,98 sucre
100cc — = 9gr,8 —

Pour les solutions rentrant dans le deuxième groupe, on modifie la marche de l'opération. En effet, le dosage par décoloration directe en présence de la liqueur sucrée ne peut être exact qu'autant que le liquide ne présente aucune coloration. Lorsqu'il y a du sucre cristallisable, l'opération est également impossible. L'excès d'acide ajouté réagit à chaud sur le sucre, et le tout se colore plus ou moins fortement.

Dans ces divers cas, au lieu de titrer l'excès de liqueur bleue, on titre directement le cuivre précipité.

Prenons comme exemple une mélasse de canne.

10cc de mélasse + eau = 500cc

20cc de liqueur + 10cc solution mélasse + 20cc eau. Bain-marie une demi-heure.

Le précipité est recueilli sur un filtre et lavé à l'eau chaude pour enlever totalement le cuivre soluble. Après cela, on enlève le filtre de l'entonnoir, on le met dans un verre et on humecte le papier avec de l'acide chlorhydrique pur. On filtre, le liquide est recueilli dans le ballon où s'est opérée la réduction et qui contient toujours de petites particules d'oxyde rouge de cuivre adhérentes aux parois du vase et qui n'ont pu être enlevées malgré les lavages.

L'acidité du liquide les redissout. On lave le filtre avec de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique pur. Le cuivre est maintenu en grande partie à l'état de protochlorure, mais une petite quantité s'est transformée en bichlorure coloré, par suite du contact de l'air.

On oxyde le tout par l'addition de quelques grains ou mieux de quelques centimètres cubes d'une solution de chlorate de potasse, de permanganate (ou même de bioxyde de barium).

Le liquide devient plus ou moins vert. On continue l'ébullition pour chasser l'excès de chlore et on titre par le protochlorure d'étain.

Exemple : Soit, pour le cas qui nous occupe :

10^{cc} de liquide sucré ayant précipité un poids de cuivre qui, passé à l'état de perchlorure, a demandé $12^{cc},2$ de protochlorure d'étain.

On sait que $11^{cc},6$ de SnCl $= 0^{gr},053$ (titre A).
$12^{cc},2 \quad = \quad X \qquad X = 0^{gr},0552$
Si $10^{cc} = 0^{gr},0552$ glucose
$500^{cc} = 2^{gr},76$ — et si 10^{gr} mélasse $= 2.76$
100 — $= X$, $X = 27.6$ %

Remarques : 1° Pour s'assurer que le chlore est entièrement disparu, on se sert d'un petit tube recourbé deux fois, adapté d'un côté à un bouchon en caoutchouc fortement conique, permettant de l'entrer facilement sur des matras ayant des ouvertures de divers diamètres; l'autre extrémité plonge dans un verre renfermant une solution faible de sulfate d'indigo.

Le gaz passant au travers de cette solution la décolore s'il renferme la moindre trace de chlore.

2° Dans quelques cas où le point exact de décoloration a été dépassé, on peut déterminer très-approximativement l'excès de sel d'étain ajouté. Pour cela, il suffit d'avoir une liqueur titrée de sulfate de cuivre dont :

$10^{cc} = 0^{gr},01$ de cuivre.
$1^{cc} = 0^{gr},001$ —

Lorsqu'on croit avoir dépassé, on verse dans le ballon toujours en ébullition $0^{cc},1$ de cette solution, qui doit donner immédiatement une coloration légèrement jaunâtre si l'opération est bien faite; sinon, on continue à verser la solution cuivrique jusqu'à ce que la coloration jaune apparaisse. On note, par exemple, $0^{cc},8$, soit $0^{cc},0008$ de cuivre. On calcule alors la quantité de glucose ou de

sucre à laquelle correspond ce poids de cuivre et on en tient compte dans les calculs ultérieurs.

Lorsqu'on dose le cuivre précipité, il est préférable d'oxyder le tout par le chlorate et de renouveler l'opération du titrage.

3° Notre liqueur se conserve indéfiniment, et le titre ne varie pas.

4° Le dosage du sucre et du glucose par notre liqueur carbonatée est toujours possible même lorsqu'il s'agit de moins de $\frac{1}{10\,000}$.

On comprend qu'il suffit dans ce cas d'opérer sur un poids considérable de matière normale.

Nous avons pu ainsi doser 0g,005 de glucose dans 100 gr. de sucre raffiné, ce qui est à peu près impossible avec la liqueur de Fehling.

D'un autre côté, notre liqueur est plus exacte, par suite de la différence qui existe entre les poids respectifs de cuivre précipité pour une même quantité de glucose.

Exemple : dans la liqueur Violette 0gr,05 de sucre précipitent 0gr,0927 ou 1 de sucre précipite 1,85 cuivre.

Dans notre liqueur :

1 de sucre précipite de 3,3 à 3,5 de cuivre.

5° Les substances que nous employons pour faire notre liqueur doivent être pesées assez exactement. En changeant le poids total des sels par rapport au sulfate de cuivre, on change également le poids du cuivre précipité pour 1 de glucose.

6° Pour rechercher si l'acide chlorhydrique contient du chlore, il suffit d'en faire bouillir 15 à 20cc avec une ou deux gouttes de sulfate d'indigo. Réduire à 2 ou 3cc, étendre d'eau jusqu'à 15 à 20cc et comparer la coloration avec un tube témoin préparé comme ci-dessus, mais non chauffé.

7° Lorsqu'on s'est servi du sous-acétate de plomb pour décolorer les liquides sucrés, il est préférable d'enlever l'excès de plomb par des réactifs, tels que le sulfate ou le carbonate de soude. Le tannin doit être rejeté. Un excès amènerait des erreurs. Il y aurait réduction de liqueur bleue.

8° Notre liqueur peut également servir au dosage du sucre de lait. Le poids du cuivre précipité est différent : 1 de sucre de lait précipite 1,47 cuivre.

ACTINOMÉTRIE

PAR

M. AYMONNET,
Répétiteur de physique à l'École de Grignon.

Deuxième note.

Quantités de chaleur qui théoriquement seraient tombées en 1874, aux différentes latitudes de notre hémisphère, de l'équinoxe du printemps à l'équinoxe d'automne, sur l'unité de surface d'un sol horizontal.

Pour faire ces déterminations, j'ai d'abord calculé, pour chaque latitude et pour différents jours compris entre le 20 mars et le 23 septembre, les quantités de chaleur solaire reçues sur l'unité de surface d'un sol horizontal : la méthode de calcul employée a été indiquée tome IV, page 285 de ces *Annales*. Voici ces premiers résultats (1) :

JOURS.	DÉCLINAISON.	LATITUDES.						
		0°	10°	30°	50°	70°	80°	90°
20 mars	0°07′	0.301	0.295	0.255	0 175	0.075	0.029	0.000
28 —	3°02′	0.298	0.297	0.268	0.190	0.098	0.049	0.017
7 avril	6°52′	0.295	0.303	0.284	0.215	0.127	0.082	0.058
15 —	9°48′	0.292	0 306	0.296	0.235	0.157	0.115	0.100
25 —	13°14′	0.288	0.307	0.310	0.261	0.191	0.159	0.151
5 mai......	16°17′	0.284	0.305	0.322	0.281	0.226	0.207	0.205
15 —	18°54′	0.279	0.304	0.331	0.298	0.255	0.249	0.250
25 —	20°58′	0.274	0.304	0.337	0.313	0.282	0.280	0.286
5 juin......	22°34′	0.272	0.303	0.342	0.324	0.304	0.312	0.313
15 —	23°20′	0.268	0.302	0.346	0.329	0.314	0.323	0.326
19 au 23 juin.	23°27′	0.267	0.301	0.347	0.330	0.315	0.325	0.328
7 juillet	22°36′	0.272	0.303	0.342	0.324	0.304	0.312	0.314
19 —	20°51′	0.274	0.304	0.337	0.313	0.282	0.279	0 284
28 —	18°59′	0.279	0.304	0.331	0.298	0.255	0.249	0.251
7 août......	16°25′	0.284	0.305	0.322	0.281	0.226	0.209	0.207
18 —	13°06′	0.288	0.307	0.310	0.261	0.191	0.159	0.152
25 —	10°45′	0.290	0.307	0.301	0.242	0.164	0.128	0.115
5 septembre.	6°48′	0.295	0.303	0.284	0.215	0.127	0.082	0.058
15 —	3°00′	0.298	0.297	0.268	0.190	0.098	0.049	0.017
23 —	0°06′	0.301	0.295	0.255	0 175	0.075	0.029	0.000

(1) Les cinq premiers nombres inscrits dans le tableau de la page 285, t. IV de ces *Annales*, sont erronés. Comme les courbes correspondantes à ces nombres avaient été tracées sur du papier, en apparence identique à celui dont j'avais fait usage pour dresser le tableau de la page 285 (tableau exact, puisque les résultats qu'il renferme ont été

Si l'on jette un coup d'œil sur ce tableau, on est conduit aux réflexions suivantes :

1° La quantité de chaleur reçue journellement par le sol de l'équateur, c'est-à-dire dans la région des vents d'est, va en diminuant de l'équinoxe du printemps au solstice d'été, et en augmentant de ce solstice à l'équinoxe d'automne.

2° Le maximum de chaleur reçue pendant une journée s'élève de l'équateur vers le 30° de latitude quand la déclinaison du soleil varie de 0° à 23°,27. Ce maximum n'est pas, en un jour déterminé, situé, comme on pourrait le croire, sur une latitude égale à la déclinaison, c'est-à-dire sur les lieux qui ont en ce jour et à midi le soleil à leur zénith; il existe à une latitude plus élevée et d'autant plus éloignée de la latitude égale à la déclinaison solaire que cette dernière est plus grande. Ainsi, le 23 juin, le soleil passe au zénith des lieux qui ont pour latitude 23°,27, et cependant la quantité de chaleur reçue par le sol de ces points de notre globe n'est que de 0,334, tandis qu'à 30° de latitude elle est de 0,347. Je n'ai pu encore déterminer la loi mathématique du déplacement de ce maximum.

3° Dans la zone des calmes, c'est-à-dire vers le 10° de latitude, la quantité de chaleur arrivant journellement au sol est presque constante pendant tout le semestre d'été, elle ne varie au maximum que de 0,011. Elle augmente de 0,06 du 23 juin au 25 août, c'est-à-dire pendant 63 jours, et diminue de 0,011 en 29 jours, du 25 août au 23 septembre, époque des tempêtes boréales.

4° Pendant les mois de mai, de juin, de juillet et la première quinzaine d'août, à la latitude de Paris, le soleil envoie chaque jour sur le sol une quantité de chaleur plus grande qu'à l'équateur à l'époque du solstice.

5° Du 1er juin au 10 juillet, c'est-à-dire pendant 40 jours, il

fournis et par la balance et par le planimètre), j'avais cru pouvoir me dispenser de toute vérification planimétrique; de là mon tort, le dernier papier employé n'étant pas, comme je l'ai constaté depuis, très-uniforme en poids. Afin de ne pas retomber dans les mêmes erreurs et de pouvoir cependant m'exempter de toute vérification avec le planimètre, j'ai, cette fois, agi différemment. Pour obtenir les nombres inscrits dans cette publication, j'ai divisé les poids des aires des courbes correspondantes par celui de l'unité adoptée; mais ce dernier poids, au lieu d'être comme précédemment un nombre constant, résultat de la pesée d'une aire égale à l'unité, était un nombre variable avec chaque courbe, car il était déduit du poids d'une fraction de l'unité prise aussi grande que possible dans l'aire de la courbe considérée.

tombe sur le sol polaire, plus de chaleur qu'il n'en arrive sur le sol équatorial à l'époque des équinoxes. Et du 19 mai au 24 juillet, c'est-à-dire pendant 65 jours, le cercle polaire reçoit plus de chaleur que l'équateur au moment du solstice.

6° Fait inattendu. Vers le 15 avril, un minimum apparaît dans le cercle polaire; à mesure que la déclinaison du soleil augmente, ce minimum descend vers l'équateur; le 19 juin il dépasse le 70° de latitude, la déclinaison solaire diminuant; il remonte vers le pôle et l'atteint vers le 25 août. Ce phénomène théorique présente une coïncidence assez remarquable avec les opinions de Brewster et de Berghauss. Ces savants prétendent que les pôles du froid ne coïncident pas avec les pôles géographiques, mais qu'ils sont situés vers le 80° de latitude.

Les nombres du précédent tableau étant obtenus, pour avoir les résultats indiqués par le titre de ce mémoire, j'ai construit autant de courbes, ayant pour abscisses les jours et pour ordonnées les quantités de chaleur reçues en ces jours, que j'avais considéré de latitudes différentes.

Les aires de ces courbes représentent pour chaque latitude l'insolation totale du sol pendant le semestre d'été; je les ai mesurées en prenant pour unité l'aire correspondant à la quantité de chaleur qui arriverait sur l'unité d'une surface horizontale si le soleil restait pendant 10 jours constamment au zénith. J'ai obtenu les nombres suivants :

MOIS.	QUANTITÉS DE CHALEUR REÇUES AUX LATITUDES SUIVANTES						
	0°	10°	30°	50°	70°	80°	90°
Mars du 20 au 31	0.37	0.37	0.33	0.23	0.11	0.06	0.02
Avril	1.00	1.06	1.01	0.80	0.54	0.39	0.34
Mai	0.98	1.07	1.17	1.05	0.90	0.86	0.87
Juin	0.92	1.04	1.19	1.13	1.07	1.10	1.11
Juillet	0.97	1.07	1.21	1.13	1.03	1.01	1.02
Août	1.01	1.07	1.09	0.92	0.68	0.59	0.58
Septembre du 1 au 23.	0.77	0.78	0.71	0.52	0.27	0.15	0.09
Totaux	6.02	6.46	6.71	5.78	4.60	4.16	4.03

La comparaison des nombres compris dans ce tableau fait naître les remarques suivantes :

1° Pendant le semestre d'été, c'est au pôle que le sol reçoit le moins de chaleur solaire, et c'est vers le 30° parallèle qu'il en reçoit le plus.

2° Pendant les mois de juin et de juillet, le sol de l'hémisphère boréal reçoit à peu près partout la même quantité de chaleur; le maximum qui existe vers le 30° de latitude ne dépassant le minimum situé à l'équateur que de 0,27. Il doit résulter de cette uniformité d'insolation un calme dans les couches atmosphériques.

3° Pendant les mois de mars, avril, septembre, l'air doit être très-agité entre le 20° de latitude et le pôle, car les différences d'insolation sont considérables.

Les nombres précédents ne suffisent pas pour trouver une liaison entre l'insolation et les grandes lois qui régissent les vents alizés, les courants marins et les tempêtes; il faut, pour faire cette recherche, non-seulement posséder des nombres analogues aux précédents et répondant à l'hémisphère austral, mais avoir encore la connaissance de certains phénomènes physiques jusqu'ici incomplétement étudiés.

BIBLIOGRAPHIE

LES PUBLICATIONS AGRICOLES ITALIENNES A PROPOS DE L'EXPOSITION

PAR M. P.-P. DEHÉRAIN

L'Italie a saisi l'occasion de l'Exposition universelle pour publier de nombreux documents qui précisent l'état actuel de son agriculture. Les relations commerciales entre l'Italie et la France, malgré des dissentiments passagers, sont destinées à s'étendre, et il est important pour nous de bien connaître les ressources de cette contrée à laquelle nous attachent les liens les plus étroits.

L'*Italia agraria e forestale*, ouvrage considérable publié par la direction de l'agriculture italienne, rempli de documents puisés

(1) L'*Italia agraria e forestale*, 1 vol. gr. in-8°. Roma, 1878.

aux meilleures sources, va nous servir de guide dans notre rapide étude.

Après quelques pages consacrées à la description géologique de l'Italie et à son climat, l'auteur aborde la question, si importante pour une contrée méridionale, de l'aménagement des eaux.

Desséchements, irrigations. — Sur un sol d'un relief très-accusé, d'une faible étendue, les eaux coulent rapidement, entraînant dans les parties basses les détritus arrachés aux montagnes; bientôt ces débris s'accumulent, obstruent le cours des fleuves, qui, n'ayant plus une issue suffisante, s'épanchent en longues flaques de faible épaisseur, partiellement desséchées pendant l'été. Dans ces eaux stagnantes, soumises à l'action d'un soleil brûlant, pullulent végétaux et animaux inférieurs, et des marais qui bordent le littoral s'élèvent des miasmes délétères, germes des fièvres paludéennes si communes dans certaines régions de l'Italie; parmi les États européens, c'est elle sans doute qui souffre davantage de la *malaria*.

L'étendue de ces marais est très-considérable, l'*Italia agraria* l'estime à 231 345 hectares, sur lesquels les travaux d'asséchement qu'exige la santé publique doivent comprendre 71 349 hectares; en outre, les travaux devront s'étendre sur 122 614 hectares qui bénéficieront de l'asséchement surtout parce qu'ils deviendront d'excellentes terres arables; enfin, sur 37 882 hectares les conditions de production seront beaucoup améliorées.

Le travail d'assainissement se poursuit activement; en 1877 on avait déjà dépensé 145 millions de francs dont l'État a fourni la moitié. Quand les travaux seront terminés, une surface de plus de 900 000 hectares, habitée par deux millions d'habitants, se trouvera soustraite à l'action des fièvres qui la ravagent aujourd'hui.

Si l'Italie souffre des eaux stagnantes, si elle fait des efforts pour dessécher ses marais, il n'est que juste de reconnaître en outre que depuis un temps immémorial elle sait faire le meilleur usage des eaux courantes. Il est peu de pays où les irrigations soient plus en honneur et mieux conduites qu'en Lombardie et dans quelques parties du Piémont; ainsi le Piémont a 443 000 hectares irrigués, la Lombardie 678 000, la Vénétie n'en compte que 74 000. C'est dans le bassin du Pô que ces travaux ont été conduits avec le plus d'habileté; le versant ouest du royaume de Naples est ensuite la partie de l'Italie qui a su le mieux profiter des eaux courantes : on

y trouve 96 000 hectares arrosés; pour l'ensemble du royaume on arrive au chiffre respectable de 1 505 000 hectares.

Régions agricoles. — On a essayé à plusieurs reprises de diviser l'Italie en plusieurs régions caractérisées par une culture dominante; ces essais ont échoué quand on a voulu limiter les régions par leur position géographique; dans un pays de montagne, la flore change avec l'altitude bien plus qu'avec la latitude, et la classification qui a été adoptée est basée sur l'élévation des plateaux au-dessus du niveau de la mer.

La région de l'olivier du littoral à 400 mètres d'altitude, comprend dans la partie méridionale de l'Italie la sous-région des orangers et du coton; les plantes qui achèvent de caractériser cette première région sont le figuier d'Inde, le sumac, le réglisse, enfin la vigne.

La région de la vigne s'étend de 400 à 600 mètres; le maïs y prospère ainsi que le froment et les autres graines: le mûrier et les arbres fruitiers, le pêcher, l'abricotier, y rencontrent des conditions favorables à leur développement.

La troisième région, qui s'étend de 600 à 900 mètres, est déjà trop froide pour le maïs, mais les autres céréales peuvent y être cultivées avantageusement.

De 900 à 1 200 mètres nous trouvons la région du seigle, de l'orge, des pommes de terre; enfin de 1 200 à 1 600 et plus nous arrivons aux prairies et aux forêts.

Ces divisions sont un peu arbitraires: ainsi, dans la plaine du Pô, qui devrait faire partie de la première région, on ne rencontre plus l'olivier; sa limite septentrionale est une ligne qui, partant du 44'25 de lat. N. touche la mer Adriatique entre Rimini et Pesaro, au 43'50 de lat. N.

Examen des cultures principales. Froment. — Un très-grand nombre de variétés de froment est cultivé en Italie; on pouvait le reconnaître aisément en parcourant les galeries du champ de Mars où les échantillons de ces variétés étaient régulièrement disposés, Le tableau suivant résume la production moyenne des différentes provinces du royaume.

PRODUCTION DU FROMENT EN ITALIE.

RÉGIONS.	SUPERFICIE CULTIVÉE en froment.	PRODUCTION totale.	PRODUCTION MOYENNE par hectare.
	hectares.	hectolitres.	hectolitres.
Piémont	188 438	1 885 235	10.00
Lombardie	199 036	2 745 720	13.80
Vénétie	226 657	2 537 466	11.20
Ligurie	82 257	705 220	8.57
Émilie	484 581	5 778 951	11.92
Marche et Ombrie	433 485	4 418 177	10.19
Toscane	403 099	4 562 226	11.32
Lazio	160 000	1 576 000	9.85
Méridionale Adriatique	766 921	8 392 082	10.94
Méridionale Méditerranée	1 040 567	11 540 670	11.090
Sicile	565 955	6 609 755	11.680
Sardaigne	125 489	1 038 441	8.270
Total	4 676 485	51 790 005	11.070

Le rendement moyen est, comme on voit, peu élevé; il n'est pas extraordinaire qu'il en soit ainsi, les Italiens n'apportant pas encore à la confection du fumier de ferme tous les soins qu'elle réclame, et la culture du froment étant une de celles qui bénéficie davantage d'un sol fumé avec régularité, on conçoit que les rendements soient faibles, analogues à celui de notre région méridionale.

Maïs. — Immédiatement après le froment vient se placer, par l'étendue qu'occupe sa culture à la surface du royaume, le maïs. Cette plante s'étend sur toute l'Italie, mais c'est surtout dans les provinces de Lombardie, de Vénétie, d'Ombrie et dans le midi Adriatique qu'elle est répandue; dans chacune de ces provinces la quantité produite dépasse 4 millions d'hectolitres; la production totale est de 31 millions d'hectolitres, ce qui fait ressortir à $18^h,33$ la production moyenne par hectare; elle dépasse 30 hectolitres en Piémont, en Lombardie et en Sicile.

Riz. — Si la culture du riz est confinée dans quelques parties de

l'Italie, elle y a acquis en revanche une importance exceptionnelle.

On affirme que le produit obtenu oscille entre trente et cinquante fois la semence, ce qui conduirait à une production de 45 à 75 hectolitres si on avait semé un hectolitre et demi, et de 90 à 150 si les semailles avaient employé 3 hectolitres; ces derniers chiffres sont sans doute exagérés. M. Malinverni assure qu'on peut estimer le rendement d'une rizière à 70 hectolitres pendant la première année où la plante succède à un froment et à un trèfle, à 65 pour la seconde année, à 50 pour la troisième et à 40 pour la dernière; c'est un total de 225 hectolitres pendant les quatre années de durée de la rizière, c'est donc une moyenne de $56^h,25$ par an. Les chiffres officiels en *riz mondé* sont cependant inférieurs aux précédents: en Piémont le rendement de l'hectare est de 44 hectolitres, en Lombardie 43,5, en Vénétie 38,8, en Émilie 34,8; la production totale est de 9,8 millions d'hectolitres, donnant un produit moyen de $42^h,19$ à l'hectare. La culture du riz est presque exclusivement l'apanage du bassin du Pô, dans lequel ont été entrepris depuis des siècles les travaux d'irrigation nécessaires au développement de cette plante.

Orge. Seigle. Avoine. Millet. Sarrazin. — Ces cultures n'ont pas en Italie une très-grande importance; la production est de 6 697 000 hectolitres pour l'orge et le seigle, de 7 millions pour l'avoine; les autres plantes sont encore l'objet d'une culture moins étendue.

Haricots. Pois. Lentilles. Fèves. — Si on en juge par le nombre d'échantillons présenté au champ de Mars, ces diverses légumineuses sont l'objet d'une culture importante; on attribue aux trois premières seulement 312 000 hectares. Il est difficile, au reste, d'être renseignés exactement sur la production du royaume en certaines espèces cultivées particulièrement dans les jardins et qui, arrivant directement à la consommation, échappent aux recherches de la statistique.

Racines et tubercules. — La pomme de terre n'occupe pas en Italie une surface considérable, 68 500 hectares environ; le topinambour n'a qu'une importance tout à fait secondaire; enfin, la betterave n'est cultivée que pour l'alimentation du bétail; les tentatives faites pour introduire en Italie l'industrie sucrière n'ont pas été couronnées de succès; plusieurs usines ont été construites, l'une à Trévise, l'autre à Naples : elles sont fermées l'une et l'autre; deux autres dans l'Ombrie et dans le Lazio n'ont pas mieux réussi; mais

il en est une dernière à Arezzo, en Toscane, qui est au contraire encore en activité.

Culture maraîchère. — La culture maraîchère est concentrée autour des villes principales, ou dans les endroits qui trouvent de faciles débouchés par les chemins de fer ou par le voisinage des ports de mer fréquentés.

Les environs de Milan, de Gênes, de Florence, de Palerme, de Catane, de Naples, sont couverts de jardins dans lesquels s'exercent la culture intensive: à peine une plante est-elle cultivée qu'une autre lui succède; quand l'eau est facile à se procurer, le maraîcher peut obtenir un produit net de 2 000 francs à l'hectare; le prix de location s'élève jusqu'à près de 900 francs.

Les légumes cultivés sont à peu près les mêmes que ceux que produisent nos jardins français; les melons d'eau sont l'objet d'un commerce important dans le midi de la péninsule, qui en fournit la région septentrionale.

La seule culture qui peut prendre une grande importance pour alimenter le commerce d'exportation est celle des tomates; la production dépasse la consommation locale et peut alimenter d'importantes usines à conserves.

Plantes textiles. — On a essayé depuis longtemps d'introduire la culture du coton dans le sud de l'Italie; le prix très-élevé qu'atteignit ce textile au moment de la guerre d'Amérique détermina un effort qui ne s'est pas soutenu quand les prix sont retombés, la production qui s'était étendue à 88000 hectares en 1864 est descendue à 34000 en 1872, et la production qui était de 622000 q. m. n'est plus que de 180000; il n'est pas probable que l'Italie puisse jamais lutter comme productrice de coton avec l'Inde et l'Amérique, et nous pouvons plutôt considérer comme une curiosité que comme un produit normal les échantillons exposés au Champ de Mars.

Le chanvre et le lin ont au contraire une importance considérable. La culture du chanvre se fait avec grand soin, dans de bonnes terres qui sont préparées par des labours profonds; la préparation des fibres par rouissage ne présente aucune particularité, si ce n'est que dans certaines contrées on utilise à l'opération des sources minérales chaudes; cette méthode est suivie notamment à l'*Acqua Santa* dans l'Ombrie, à *Bulicame* près de Viterbe et dans différentes localités des environs de Pado.

En général, la préparation de la filasse est exécutée très-simple-

ment sur les lieux mêmes de production par la famille des cultivateurs; cependant quelques machines qui permettent un travail plus rapide commencent à se répandre. On estime que la culture du chanvre s'étend sur 123 000 hectares, l'Emilie à elle seule y consacre 72000 hectares, c'est-à-dire plus de la moitié de l'étendue totale. Cette contrée produit 570000 quintaux sur les 959 mille fournis par le royaume. Le rendement moyen est de 7,21 quintaux par hectare; l'Emilie produit 7,90.

Les pays classiques de la culture du *lin* en Italie sont les territoires de Crema et de Cremone, qui y consacrent une superficie d'environ 18000 hectares. La production de la graine de lin pour l'extraction de l'huile est concentrée à Lecce, Catazaro et Caserta. Les contrées qui se livrent à la culture du lin ont complétement abandonné celle du chanvre et *vice versa*, c'est ainsi qu'à Bologne, à Ferrare et à Ravenne où le chanvre est cultivé, le lin est complétement abandonné.

Le rouissage du lin se fait de la même manière que celui du chanvre. Il est bon de faire connaître cependant l'exemple donné par la commune de Acireale en Silice, qui a construit un vaste macérateur divisé en nombreux compartiments dans lesquels l'eau se renouvelle constamment. Les cultivateurs peuvent faire rouir leur lin au prix très-modéré de 28 centimes par 100 kilogr.

Depuis l'installation de ce macérateur qui envoie ses eaux directement dans un canal, les localités voisines ne sont plus soumises comme par le passé aux influences pernicieuses de la *malaria*.

Sur 81 000 hectares consacrés à la culture du lin en Italie, la Lombardie à elle seule en compte 36000; elle produit 119000 quintaux métriques sur les 231 000 quintaux fournis par le royaume entier; le rendement moyen est de 2 quint. 85 par hectare, en Lombardie le rendement s'élève à 3,28.

Prairies. — On trouve en Italie des prairies ou plutôt des terrains gazonnés de toute nature, les parties hautes des Alpes et des Apennins offrent de bons pâturages d'été, les plaines basses du midi de la péninsule se couvrent d'herbes pendant l'hiver; enfin dans la région septentrionale, dans le bassin du Pô se trouvent ces merveilleuses prairies arrosées qui donnent cinq ou six coupes chaque année.

Les prairies artificielles temporaires qu'on rencontre dans les parties les plus basses du Milanais, dans le voisinage de Lodi et de

avie et qu'à un certain point de vue on pourrait désigner sous le om de prairies naturelles temporaires, sont ensemencées de *Lo-ium italicum* et de *Trifolium repens;* dans quelques contrées il est nême inutile de semer du trèfle, car cette plante reparaît sponta-iément dans les terrains occupés d'abord par du froment.

Dans cette même région, dans les vallées de la Lombardie et du pays de Padoue se trouvent les prairies à marcite; qui offrent le trait le plus curieux de l'agriculture de l'Italie septentrionale.

On fait courir sur la plante qui domine (le *Lolium perenne*), pendant tout l'hiver, une légère couche d'eau provenant des nombreux canaux d'irrigation que présente cette région; cette eau se trouvant constamment en mouvement, grâce à une inclinaison suffisante du terrain, ne gèle jamais, même pendant les hivers les plus rigoureux. Dans ces prairies on fait d'ordinaire six coupes de foin. — Près de Milan, où les prairies reçoivent les eaux de la Viterbe, mêlées aux eaux d'égout du canal qui traverse la ville, le nombre des coupes peut s'élever à huit.

Le tableau suivant, emprunté aux agronomes lombards les plus compétents, indique les produits des diverses espèces de prairies.

PRAIRIES PERMANENTES. — Foin par hectare.		PRAIRIES TEMPORAIRES. — Foin par hectare.		PRAIRIES A MARCITES. — Herbe par hectare.	
	kil.		kil.		kil.
1re coupe........	2 800	1re coupe........	3 000	1re coupe (février).	10 500
2e —	2 400	2e —	3 200	2e — (avril)...	15 000
3e —	1 500	3e —	1 500	3e — (mai)...	18 000
				4e — (juillet)..	12 000
				5e — (septem.)	9 000
				6e — (octobre).	6 000
	6 700		7 700	Herbe...........	75 000
				Équivalent en foin.	14 000

Dans les provinces centrales d'Italie, la culture du trèfle rouge et du trèfle incarnat est assez répandue, elle est désignée sous le nom de prairie de printemps; comme fourrage d'été on utilise

presque exclusivement le maïs et le sorgho; le rendement n'est estimé qu'à 12 000 ou 18 000 kilogrammes de fourrage vert par hectare, ce qui paraît des plus médiocres; nous obtenons couramment à Grignon, même sans engrais, de 40 000 à 50 000 kilos; quand l'année est pluvieuse et que le fumier est abondant, on dépasse 100 000 kilos.

Les fourrages considérés comme plantes d'automne sont les fèves et l'orge, on les sème vers la fin d'août ou au commencement de septembre; enfin les herbages d'hiver sont constitués par les lupins et les raves (*Brassica napus*). On les sème l'un et l'autre au commencement d'août sur le terrain qui a porté le froment, avoir donné après un léger labour; la condition de réussite est que la plante ainsi obtenue en culture dérobée ait déjà acquis un assez grand développement pour résister aux froids de l'hiver. La culture des navets associée à celle des lupins, dans les terrains destinés à porter au printemps du maïs, est très-commune en Toscane, et pour beaucoup d'auteurs le notable degré de perfection auquel est arrivée la race bovine du *val di Chiana* est dû en grande partie à l'abondance et à la qualité de l'alimentation pendant l'hiver; or cette alimentation consiste exclusivement en navets mêlés au lupin vert et à de la paille de seigle.

La question des fourrages dans les provinces de l'Italie méridionale est des plus difficiles à résoudre. La seule plante qui résiste aux étés brûlants de cette région est le sainfoin, l'*Hedysarum coronarium*, qui est appelé à rendre de véritables services, bien qu'elle aime les terrains argileux ou argilo-calcaires, profonds, bien que d'une fraîcheur modérée, et que par suite elle ne puisse jamais s'étendre sur toute la surface du pays.

La vigne et le vin. — L'Italie étant placée entièrement dans la région de la vigne, il est naturel que cette plante soit répandue dans toutes les provinces; elle y occupe cependant des étendues très-différentes : tandis que dans certaines contrées elle couvre de 10 à 20 pour 100 de la surface totale, dans d'autres elle ne forme plus que 0,88 à 1,19 pour 100.

Malheureusement cette culture est encore toute primitive, les usages de l'antiquité se sont conservés sans changement, et les descriptions de vignobles laissées par Pline s'appliquent exactement aux cultures de nos jours.

La plus grande partie des vignes entrelacent leurs rameaux dans

les branches d'arbres souvent fort élevés; les vignes basses sont dans un grand nombre de provinces une véritable exception.

Dans la Campanie ou terre de Labour, aujourd'hui comme au temps de Pline, la vigne s'élance dans les peupliers (*Populus nigra*), elle n'est soumise à aucune taille et peut atteindre le sommet de l'arbre comme une vigne sauvage. La vendange est difficile et périlleuse, les hommes montent dans les arbres et abattent les rameaux couverts de fruits.

Dans d'autres localités on marie encore la vigne à des arbres vivants, mais on maintient ceux-ci à une hauteur modérée par une taille convenable; l'orme (*Ulmus campestris*) se prête à ce genre d'opération; le bois que fournit annuellement la taille de ces arbres est précieux pour les paysans de la Lombardie, de l'Émilie, des Marches, dans lesquelles les bois ont été complétement défrichés. Dans quelques parties de la Toscane, les arbres qui doivent servir de soutien sont taillés de façon à n'avoir que deux branches de 1 mètre de long environ; on y entrelace les rameaux de la vigne, et quand celle-ci pousse vigoureusement et qu'elle dépasse les branches qui doivent la soutenir, on l'attache à un arbre voisin; on produit ainsi une série de festons très-productifs.

Cette pratique de laisser la vigne s'élever à une certaine hauteur se justifie, aux yeux des cultivateurs italiens, d'abord parce qu'elle est moins sujette à la gelée que lorsqu'elle rampe sur le sol, et en outre parce que le sol lui-même peut être cultivé sous la vigne, ce qui est impossible quand elle est maintenue très-basse, à *la française*, comme on dit en Italie.

Les cépages cultivés en Italie sont très-nombreux, mais jusqu'à présent ce qui empêche la péninsule de prendre sur le marché européen la place que lui assigne l'abondance de ses vignobles, est le peu de soin apporté à la fabrication du vin.

Les vins italiens peuvent être rangés en trois grandes classes; les vins fins de table sont fournis par le Piémont; le barolo, le grignolino, le barbero, sont les vins les plus renommés; les vins de Toscane sont encore des vins de table, qui acquièrent même une certaine finesse, quand ils ont été conservés quelques temps; enfin les vins de liqueur de la Sicile, le marsala, les muscati, les albanelli, ont une réputation européenne.

La superficie totale des vignobles du royaume est de 1870000 hectares. On estime la production à 27 millions d'hectolitres; la

Sicile à elle seule en fournit 4 millions; le rendement à l'hectare est de 14^h,5.

L'Italie est donc loin de posséder nos 2600000 hectares de vigne produisant en moyenne 56 millions d'hectolitre (1875 a donné 83 millions, c'est la récolte la plus abondante que nous ayons jamais eue. Il est probable que bientôt l'Italie trouvera dans ses vignes une source importante de revenu, un aliment pour son commerce d'exportation. Quand on se rappelle quel essor a donné à la culture de la vigne dans nos régions méridionales, le traité de commerce de 1860, la création des débouchés par les chemins de fer, on ne peut douter que les mêmes causes ne produisent les mêmes effets et que le vigneron italien, certain de trouver le placement avantageux d'une marchandise mieux préparée, n'hésite pas à apporter à la confection du vin le soin nécessaire pour lui faire acquérir toutes les qualités que comporte sa nature. Les agronomes italiens font les plus grands efforts pour pousser dans la bonne voie leurs compatriotes; les journaux agricoles italiens sont nombreux; ils renferment d'excellents travaux et un grand nombre ont trait à la culture de la vigne, à l'étude du vin; il existe en outre plusieurs stations agronomiques vouées exclusivement à l'étude de la viticulture, de telles sortes que les conseils sagaces, pratiques ne feront pas défaut; espérons qu'ils porteront leurs fruits et que d'ici à peu d'années la viticulture italienne aura acquis la prospérité que lui assurent son climat, et le mérite des savants chargés de la guider.

Olivier. — L'olivier est répandu dans toute l'Italie, sauf dans la région du nord-est; cette culture existe en Italie depuis l'antiquité la plus reculée, mais elle est loin d'être pratiquée partout de la même façon; tantôt les olivettes forment de véritables bois excluant toute autre culture; dans ces olivettes les arbres sont tantôt abandonnés à eux-mêmes, tantôt au contraire rigoureusement taillés; dans la Rivière de Gênes on voit de ces beaux oliviers séculaires qui acquièrent une hauteur considérable; nous avons à Menton, en France, quelques exemples de ces bois admirables; plus souvent les oliviers sont taillés assez court, en forme de vase ou de panier, cette taille est usitée surtout dans les localités où la culture de l'olivier est mêlée à celle d'autres plantes.

Le degré de maturité des olives a une grande influence sur la qualité de l'huile. Si les olives ne sont pas mûres, l'huile conserve un goût de fruit trop prononcé; si au contraire elles sont trop avancées, l'huile présente encore une saveur désagréable.

Il n'arrive pas toujours que les olives soient écrasées aussitôt après la récolte ; dans les provinces méridionales notamment elles restent souvent amoncelées pendant plusieurs mois, il se développe dans la masse une fermentation qui permet d'obtenir un plus fort rendement en huile, bien que la force dépensée pendant l'extraction soit moindre. Les olives sont généralement écrasées à l'aide d'une roue verticale en granit, en calcaire ou en fer, mise en mouvement dans une auge circulaire de même matière.

Les olives réduites en pâte sont soumises à la pression. L'abus qu'on fait en Italie de l'eau chaude ou de la fermentation pour extraire l'huile, n'est pas dû seulement à la négligence mais plutôt au goût particulier que montrent les consommateurs pour l'huile qui présente une saveur spéciale.

Les huiles de Toscane, de Lucco, de Calci et de Bati, sont estimées les premières du monde. Un peu inférieures, mais encore excellentes sont celles de l'Ombrie et de la côte occidentale de la Ligurie.

La production totale de l'Italie est de 3385000 hectolitres. La province méridionale adriatique produit à elle seule 857000 hectolitres.

Oranges et citrons. — L'exportation de ces fruits a été considérable depuis quelques années. Voici les chiffres extraits du *Movimento commerciale.*

	Quint. mét.	Francs.
1873	832 410	24 139 890
1874	704 030	20 436 870
1875	960 066	33 956 430
1876	932 847	33 464 185
1877	1 007 585	36 022 575

La majeure partie de cette exportation est dirigée vers l'Amérique; les ports d'embarquement sont Palerne et Messine.

Outre les oranges et les citrons expédiés en nature, la Sicile fabrique une quantité considérable de jus de citrons. On emploie à cette fabrication tous les fruits qui présentent quelque altération et tous ceux qui ont été dépouillés de leur écorce pour l'extraction de l'essence. Les fruits coupés en quatre sont soumis à l'action d'une presse puissante. On a encore substitué au découpage à la main des fruits le travail d'une machine analogue à un coupe-racine. La richesse des citrons dépend du moment de la cueillette. L'expérience

enseigne que de mille citrons on tire en novembre 77 litres de jus d'une densité moyenne de 10°. En janvier on obtient du même nombre de fruits 86 litres d'une densité moyenne de 9°, et en février 100 litres d'une densité de 8° 1/2.

Pour conserver plus facilement le jus de citron on lui ajoute 6 pour 100 d'alcool. Il renferme dans ces conditions de 6 à 7 pour 100 d'acide citrique. On exporte aussi du jus de citron concentré par l'action du feu; l'exportation du jus concentré s'élève à 2 500 000 francs.

L'extraction de l'essence contenue dans l'écorce des fruits exige d'abord la séparation de cette écorce, sa division en trois fragments que les ouvriers pressent à la main contre une éponge qui retient le jus que la pression a fait sortir.

Aucune description ne peut donner une idée de la rapidité avec laquelle sont traitées ces écorces. Quand l'éponge est imprégnée, on la presse dans un vase d'argent qu'on abandonne au repos quand il est plein. Peu à peu l'essence gagne la partie supérieure du liquide. Les ouvriers employés à ce travail gagnent, quand ils sont habiles, 2 francs 55 par jour.

L'essence de bergamote se prépare presque exclusivement dans la province de Reggio de Calabre, sur le territoire de laquelle cette plante est très-répandue.

Le rendement en essence des citrons et des autres hespéridées est très-variable; dans les usines de Palerme, on estime que de mille citrons on peut tirer 320 grammes d'essence, le rendement s'élève 400 grammes environ à Messine; de 1 000 fruits de bergamote on tire de 476 à 635 grammes d'essence.

Pendant les années de 1868 à 1871 on a expédié de Messine et de Palerme les quantités suivantes d'essence.

	De Palerme. kil.	De Messine. kil.
1868	14 192	265 680
1869	23 239	287 740
1870	20 127	272 336
1871	17 130	285 091
1872	31 768	303 036

La valeur de ces essences est très-différente; elles sont estimées:

L'essence de bergamote	43 85	par kilog.
— de citron	30 12	—
— d'orange	18 47	—

Mûrier. — Le mûrier est cultivé dans toute l'Italie; malheureusement l'élevage du ver à soie a rencontré les mêmes difficultés que chez nous. Dans les provinces septentrionales, cependant, on a lutté avec énergie: aussi l'Italie produit-elle maintenant plus de cocons que nous. En effet, en 1876 la France a produit 2 396 385 kilos de cocons et l'Italie 6 783 000, et en 1877, la France a donné 14 537 000 kilos contre 22 455 000 produits par l'Italie.

Forêts. — L'Italie est loin d'être déboisée comme l'Espagne. Dans beaucoup de provinces la surface boisée est de 12 à 15 p. 100 de la superficie totale; la Ligurie et la Sardaigne ont le quart de leur surface totale couverte de bois; en Sicile, au contraire, la surface boisée n'est que de 3 p. 100 environ.

Sans parler des rododendrons, qui donnent aux Alpes un aspect si riant au moment où ce bel arbuste se couvre de fleurs, nous trouvons dans les forêts de l'Italie toutes les essences que nous sommes habitués à rencontrer en France. Le chêne était abondant dans la Marche, l'Ombrie et la Toscane, et on assure que la renommée des porcs qu'on y engraissait était due en partie à l'abondance des glands qu'ils trouvaient dans les forêts, avant que la construction des chemins de fer eût exigé une exploitation trop rapide de ces richesses forestières.

Le châtaignier est un des arbres les plus importants de la péninsule. On sait que la châtaigne séchée au four et réduite ensuite en farine sert à la préparation de la *polenta* dont se nourrissent pendant plusieurs mois les populations pauvres des Alpes et des Apennins. Le châtaignier donne sa récolte maxima quand il a de 80 à 150 ans, mais il peut atteindre une bien plus grande longévité, et acquérir des dimensions comparables au baobab d'Afrique ou au séquoïa de Californie; on cite le *châtaignier des cent cavaliers*, qui a 64 mètres de circonférence. Les châtaigniers fournissent à l'exportation de 70 à 80 000 quintaux de fruits.

La culture du sumac, employé dans la tannerie, a fait depuis quelques années dans les provinces méridionales de rapides progrès: de 814 quintaux en 1873, l'exportation est montée à 232 000 en 1877.

La variété de frêne qui donne la manne se cultive dans tous les terrains. La plantation se fait d'une façon régulière. Quand les arbres sont suffisamment développés, qu'ils atteignent un diamètre de 5 à 6 centimètres, on commence à pratiquer des incisions au mois de juillet, on continue jusqu'aux premiers froids. De ces incisions

coule un suc qui concrété prend le nom de manne; l'exportation s'élève à plus de 2 000 quintaux métriques.

La production de la potasse à l'aide des cendres, qui s'est continuée en Toscane tant que les bois ont été abondants, est aujourd'hui abandonnée.

Bétail. — Les bêtes à cornes en Italie sont élevées dans les conditions les plus variées : tantôt elles sont engraissées avec autant de soin qu'en Hollande ou en Suisse, tantôt abandonnées à la vaine pâture comme dans les steppes de l'Asie.

Dans un grand nombre de localités voisines des Alpes et des Apennins les bêtes à cornes passent l'été dans les bons pâturages de la montagne, puis redescendent dans la plaine pendant l'hiver, et dans les régions septentrionales, où les vallées sont bien irriguées, elles trouvent pour la mauvaise saison une ample provision de fourrage.

La race la plus répandue est celle dite de Podolie, caractérisée par son pelage blanc ou gris et par ses longues cornes; c'est dans le val di Chiana, en Toscane, que se trouvent les meilleurs animaux, qui sont soumis à la stabulation, ce qui les a beaucoup affinés.

Dans toute la chaîne des Alpes se rencontre une race sans caractère bien déterminé, dite race de montagne; elle est remarquable comme laitière.

Dans le midi de l'Italie se rencontre la race de Modica, employée au travail, mais facile à engraisser et donnant une viande de bonne qualité.

On estime à 3 400 000 têtes les bêtes à cornes du royaume; c'est la région septentrionale qui en compte le plus grand nombre.

Les buffles sont élevés dans les parties marécageuses de l'Italie, leur nombre n'est que de 15 000; la campagne romaine en renferme a elle seule 2 800; les buffles sont employés comme bêtes de travail, on emploie leur lait à la fabrication du fromage.

Bêtes ovines. — Ce qui caractérise l'élève du mouton en Italie, c'est qu'il est en quelque sorte absolument séparé de la culture proprement dite, car on y trouve surtout des troupeaux transhumants dont on tire du lait et de la laine, mais dont la viande ne fournit qu'un médiocre profit; on estime à 8 664 000 le nombre de têtes de tout le royaume; c'est dans le sud du royaume, sur les deux versants de l'Apennin, que ces animaux sont le plus nombreux; la région septentrionale, avec ses prairies irriguées, a plus d'avantage à entretenir des bœufs que des bêtes à laine.

Porcs. — Les animaux de l'espèce porcine sont très-répandus en Italie, on estime leur nombre à 1 553 000; la plupart de ces animaux sont élevés en plein air et par conséquent appartiennent à des races robustes; cependant, en Toscane, on commence à élever des animaux en stabulation; ils appartiennent naturellement à une race plus affinée.

Chevaux. Anes. Mulets. — On compte dans tout le royaume 657 000 chevaux, 501 000 ânes. 293 000 mulets; c'est dans la région septentrionale et surtout en Lombardie qu'on compte le plus grand nombre de chevaux; les deux provinces méridionales adriatique et méditerranéenne renferment au contraire plus d'ânes que de chevaux, et c'est enfin en Sicile qu'il existe le plus de mulets.

INSTRUMENTS. — C'est seulement dans les régions septentrionales qu'on trouve des charrues perfectionnées; dans le centre et dans le midi on emploie encore les araires les plus primitives, qui écorchent le sol à 10 centimètres de profondeur; dans les pays où l'on cultive le chanvre, on emploie cependant des instruments beaucoup plus puissants.

On commence à voir dans les pays de plaine quelques semoirs; les machines à battre, à vapeur ou à manége, sont assez répandues. Il existe, au reste, en Italie plusieurs usines destinées à la fabrication des instruments agricoles, et il est probable que les appareils qui permettent un travail plus facile, plus rapide et plus économique se répandront peu à peu.

ENGRAIS. — On emploie en Italie le fumier de ferme, mais il y est souvent préparé avec peu de soin; cependant on voit des places à fumier avec une fosse à purin munie d'une pompe dans quelques parties du Piémont, de la Lombardie et de la Toscane.

En général les matières fécales ne sont pas recueillies; il faut faire exception pour les environs de Lucques où elles sont employées pour cultiver les jardins; dans quelques endroits on s'occupe de la fabrication de la poudrette.

Sur un grand nombre de points de grande culture, la préparation des engrais est tout à fait négligée; on pratique la jachère, on abandonne la terre à un long repos qui suffit pour assurer une récolte médiocre; cependant on commence à parquer pendant la nuit les moutons et on obtient ainsi une sorte de fumure assez efficace.

On emploie peu les engrais végétaux, cependant on fait usage sur quelques parties du littoral des plantes marines rejetées par les

vagues; en revanche, une pratique assez répandue est celle qui consiste à enfouir certaines récoltes en vert. On utilise habituellement ainsi des légumineuses, des fèves, des lupins, parfois aussi quelques crucifères, le colza, la moutarde; enfin on fait usage de résidus des industries agricoles et notamment des tourteaux.

Les dernières pages de l'*Italia agraria forestale* sont consacrées à l'étude des assolements assez variés suivis dans la Péninsule; elles ne nous ont pas paru avoir assez d'importance pour que nous devions les résumer ici.

Il semble que dans son état actuel l'Italie soit comparable à un propriétaire qui récolterait sur son domaine tout ce qui est nécessaire à la vie matérielle et qui vivrait dans l'abondance au milieu d'une pauvreté relative, c'est-à-dire qu'ayant peu de marchandises d'échange, il aurait de la peine à trouver les ressources financières qui lui permettraient d'acquérir ce qu'il ne produit pas directement.

Cet état est évidemment transitoire; un peuple qui, à force d'habileté, de persévérance, d'héroïsme, a su reconquérir son indépendance et réunir en un corps puissant et vigoureux ses membres épars depuis des siècles, ne s'arrêtera pas en chemin et saura profiter des conditions climatériques admirables dans lequel il se trouve et des facilités exceptionnelles que lui donnent l'étendue de ses côtes pour transporter économiquement au loin les marchandises encombrantes que produit l'agriculture.

Les progrès agricoles de l'Italie seront au reste d'autant plus rapides que le mouvement scientifique y a conservé un plus vigoureux élan; aux grands noms des physiciens du commencement du siècle, Volta, Melloni, Nobili, Galvani, viennent s'ajouter aujourd'hui les noms de chimistes éminents : Piria, Cannizzaro, de Lucca, et nombre de chimistes agronomes qui alimentent de leurs travaux les remarquables journaux agricoles qui se publient dans la Péninsule.

L'Italie est libre, elle est unie, elle travaille; le temps n'est pas éloigné où elle trouvera dans les progrès de son agriculture une puissante source de prospérité.

REVUE DES TRAVAUX ÉTRANGERS SUR L'AGRONOMIE ET LA PHYSIOLOGIE.

Sur les fonctions physiologiques des feuilles de vigne,

PAR M. MACAGNO (1).

L'auteur a divisé son travail en trois parties. Dans la première, il étudie l'activité physiologique des feuilles, et les résultats analytiques qu'il obtient le conduisent à cette conclusion que les feuilles élaborent le glucose et la crème de tartre qu'on rencontre plus tard dans le raisin.

Dans la seconde, il cherche quelle influence exerce l'intensité lumineuse sur l'élaboration des principes immédiats dans les feuilles.

Enfin, dans la troisième, il cherche à tirer des recherches précédentes des conclusions pratiques sur la taille de la vigne.

I. L'auteur a reconnu à diverses époques de l'année que les feuilles renfermaient toujours une quantité considérable de glucose et de bitartrate de potasse. Le 20 juin, il a obtenu d'un kilogramme de feuilles les poids suivants :

	Glucose.	Crème de tartre.
Feuilles de la pointe des rameaux portant fruit.	14.24	7.41
Feuilles de la base des mêmes rameaux.......	10.81	5.12
Feuilles des rameaux sans fruits (moscatello)...	11.93	4.91
— — — (spanna).....	11.65	6.90

Ces analyses furent exécutées sur un grand nombre de feuilles et on en put conclure que le glucose et la crème de tartre abondent principalement dans les feuilles de la pointe des rameaux à fruit, que leur quantité est moindre dans les rameaux à bois et encore moindre dans les feuilles placées sous les grappes.

En outre, on a reconnu que du glucose se trouve également dans les rameaux encore verts qui mettent en communication les feuilles et les grappes. L'auteur a constaté par les méthodes accoutumées que les feuilles renferment, outre du glucose, une matière capable de se transformer en glucose sous l'influence des acides et qui est

(1) *R. Stazione enologica sperimentale del Gattinara*. Lavori eseguiti nel 1877. Casale, broch. in-8°.

probablement de l'amidon; qu'enfin on trouve aussi dans l'eau qui a servi à épuiser les feuilles une matière soluble qui se transforme en glucose par les acides et qui est du sucre de canne ou de la dextrine; en moyenne, les quantités trouvées seraient: pour l'amidon de 3 gr. par kilog. de feuilles, et pour le sucre de canne de 2 gr. par kilog.

D'autres déterminations analytiques furent exécutées pour étudier la maturation du raisin; elles donnèrent les résultats suivants :

DATE des analyses.	DANS UN KILOGRAMME de feuilles de l'extrémité des rameaux à fruits.		GLUCOSE dans un kilogramme.		OBSERVATIONS.
	glucose.	crème de tartre.	grappes.	grains.	
20 juin......	14.24	7.41			Vigne acerbe et grossière.
4 août......	15.31	12.52	9.41	10	
16 août......	15.96	11.84	33.67	34.14	
31 août......	16.62	12.29	66.19	81.66	
15 septembre.	20.50		91.15	112	
5 octobre....	23.70		117.41	128.15	Après la vendange. Feuilles tendant à se dessécher.
12 octobre...	19.04				

Ces recherches ont été exécutées sur la variété qui porte le nom *moscatellone* d'*Alessandria*. L'auteur en déduit que les feuilles élaborent le glucose et la crème de tartre qui devront nourrir le fruit, et que ce n'est pas sans inconvénients qu'on retranche par la taille les feuilles de l'extrémité des rameaux qui sont les plus riches en glucose; il compare cette taille exagérée à l'effeuillage des betteraves, qui est si nuisible à la production du sucre.

II. Pour constater l'influence qu'exerce sur les fonctions vitales de la vigne l'intensité des rayons lumineux qu'elle reçoit, le 20 avril, aussitôt après l'ouverture des bourgeons, un rang entier des vignes de la station, composé de 16 pieds, fut couvert par moitié d'une toile blanche et par moitié d'une toile noire.

On ne peut pas dire que les plantes placées sous la toile noire se trouvaient dans une complète obscurité, mais il est certain qu'elles

ne recevaient que peu de lumière; celles qui étaient placées sous la toile blanche en recevaient naturellement beaucoup plus que les précédentes, mais moins que celles qui étaient en plein air.

Des thermomètres placés sous les abris et en plein air servirent à déterminer la température pendant tout le temps des observations, c'est-à-dire du 20 avril à la fin de juillet; on trouva qu'en moyenne la température à l'air libre fut de 21°,13, sous la toile blanche de 27°,53 et sous la toile noire de 33°,90. On voit que les conditions de température dans lesquelles se trouvèrent les plantes sont précisément en raison inverse de la quantité de lumière qu'elles ont reçue.

Au 2 mai on observait déjà des différences importantes. Les vignes de la toile noire présentaient une végétation plus avancée que celles qui étaient à l'air libre; tandis que ces dernières n'avaient que des rameaux de 15 centimètres, ceux des premières atteignaient 50 centimètres, mais d'une couleur d'un vert pâle et d'un aspect peu régulier; ils étaient couverts de beaucoup de feuilles et de beaucoup de grappes, mais le tout dans des conditions évidemment anormales. Les vignes sous la toile blanche paraissaient en retard d'une dizaine de jours sur les ceps placés dans les conditions normales.

Vers la fin de mai, toute la végétation qui s'était si rapidement développée sous la toile noire était détruite : les rameaux s'étaient desséchés et avaient complétement noirci.

Vers la fin de juin une nouvelle végétation, tout à fait dépourvue de grappes, s'était déjà développée sous la toile noire. Sous la toile blanche, le développement ligneux et foliacé était peu inférieur à celui des vignes naturellement abandonnées à l'air, mais on remarqua que les grappes nombreuses d'abord avaient presque entièrement disparu.

A la fin de juillet on enleva les toiles et on préleva l'extrémité des rameaux, qui est généralement coupée pendant la taille, on procéda à l'analyse sans distinguer les feuilles et les rameaux. On obtint les résultats suivants :

MATIÈRES DOSÉES.	POUR CHAQUE KILOGRAMME DE RAMEAU avec ses feuilles.		
	à l'air libre.	sous la toile blanche.	sous la toile noire.
	gr.	gr.	gr.
Glucose	12.601	8.662	
Acide tartrique sous forme de crème de tartre	9.015	6.690	1.365
Acide carbonique des cendres	3.071	2.604	0.442
Cendres pures	15.412	12.817	8.221
Chaux	2.181	1.918	0.877
Potasse sous forme de crème de tartre	3.005	2.230	0.455
Potasse sous une autre forme	0.186	0.348	0.894
Acide phosphorique	0.215	0.184	0.072

Ces chiffres démontrent nettement l'influence de la lumière sur l'activité des fonctions des feuilles... On remarquera notamment que la quantité totale de potasse absorbée est en raison directe de l'intensité lumineuse, il en est de même pour la partie combinée à l'acide tartrique, pour former la crème de tartre; au contraire, la potasse existant dans d'autres combinaisons que le tartrate est en raison inverse de la quantité de lumière reçue par la plante. Ceci démontre que la lumière a une action spéciale sur l'absorption de certains principes; quand il y a beaucoup d'acide tartrique formé dans les feuilles, beaucoup de potasse est absorbée directement du sol et se combine en majeure partie avec cet acide; quand l'acide tartrique fait défaut, la potasse n'est plus assimilée qu'en moindre proportion et reste abandonnée, pour ainsi dire, sous la forme qu'elle avait dans le sol.

Mais ce n'est pas tout. Pour se former une juste idée de l'importance de l'action de la lumière, il faut remarquer que les différences de composition précédentes s'accusent davantage si on les rapporte aux poids de matière formée.

Si nous faisons égal à 100 le poids des rameaux produits dans les conditions normales, nous trouvons que sous la toile blanche, le poids formé est environ de 80 et qu'il est de 10 sous la toile

noire. Les chiffres précédents, calculés d'après ces données, sont résumés dans le tableau suivant :

MATIÈRES DOSÉES	A L'AIR LIBRE.	SOUS la toile blanche.	SOUS la toile noire.
Glucose	126.01	69.29	0.00
Acide tartrique	90.15	53.52	1.36
Acide carbonique des cendres	30.71	20.83	0.44
Cendres pures	154.12	102.53	8.22
Chaux	21.81	15.34	0.87
Potasse totale	31.91	20.62	1.34
Acide phosphorique	2.15	1.47	0.07

III. — Tout ce qui précède me paraît démontrer qu'il est important de discuter avec soin les opérations qui ont pour but de diminuer la quantité de feuilles et de pampres d'une vigne.

Si les feuilles ont en réalité la mission importante d'élaborer les éléments indispensables du raisin, parmi lesquels se trouve le glucose, il serait bien de tenir compte du nombre des grappes que porte le rameau avant de le soumettre à la taille (1).

Il est des circonstances dans lesquelles la taille peut avoir des avantages, mais on doit examiner les conditions de climat et la nature des vignes avant de la préconiser.

Sur le Rhin et en Allemagne, la taille présente quelque utilité; mais il faut remarquer que par suite des conditions du lieu, la vigne a une faible force de végétation, la production du raisin est assez limitée, et dans ces conditions on peut admettre qu'il soit avantageux de diminuer le développement foliacé, car il y a peu de grappes à nourrir; il peut en être de même en Toscane; mais dans la haute Italie, quand on voit sur le même rameau vingt ou trente grappes, on peut douter qu'il y ait avantage à procéder comme sur des vignes qui ont une moins grande force de végétation.

Profitant de la bonne volonté d'un cultivateur des environs l'au-

(1) Pour éviter toute équivoque, je désigne sous le nom de taille l'opération par laquelle on coupe, en été, l'extrémité du rameau qui porte les fruits, à partir de la troisième ou quatrième feuille après la dernière grappe.

teur a pratiqué la taille, le 7 juillet sur vingt pieds de vigne, et au moment de la vendange on a recueilli les raisins sur les pieds taillés et sur d'autres qui ne l'avaient pas été.

On obtint les résultats suivants en soumettant le moût à l'analyse :

	Vignes taillées.	Vignes non taillées.
Densité	1.069	1.075
Glucose pour 100	14 600	17.541
Résidu sec pour 100	21.750	21.950
Acidité totale pour 1000	14.000	13.200
Crème de tartre pour 1000	13.081	13.059

La quantité du moût obtenu des vignes taillées est moindre que celle qu'on a tirée des vignes qui n'avaient pas subi cette opération ; de plus, il est moins sucré, d'où il résulte qu'il y a eu avantage à ne pas procéder à la taille.

En résumé, l'auteur tire de ses expériences les résultats suivants :

1° L'activité physiologique des feuilles de vigne a pour résultat de porter certains éléments de la périphérie vers le centre du végétal au bénéfice des grappes, tandis que d'autres sont puisés dans le sol pour contribuer à leur développement.

2° Le glucose et l'acide tartrique sont produits dans les feuilles avec les éléments de l'air et de l'eau par l'action directe de la lumière; cette production s'arrête quand le fruit a acquis son maximum de richesse saccharine ;

3° La quantité de feuilles nécessaire à une vigne est en relation directe avec la quantité de raisin qu'elle produit, elle varie avec son espèce et le climat sous lequel elle se développe ; diminuer cette quantité par la taille est certainement nuisible à la maturation et peut, en outre, diminuer la longévité de la plante.

De l'influence de l'eau chargée d'acide carbonique sur quelques minéraux,

PAR M. JUL. RICH. MÜLLER (1).

L'eau et l'acide carbonique sont les deux agents les plus puissants qui transforment les roches en sol arable. Aussi, le travail, que nous

(1) *Untersuchungen über die Einwirkung des Kohlensäurehaltigen Wassers auf einige Mineralien und Gesteine. Dr. Jul. Rich. Müller Mineralog. Mittheilungen von Tschermack*, 1877 Vienne. — *Centralbl. f. Agrikulturchemie*, 1877, p. 402.

résumons ici, quoiqu'il ait été entrepris à un point de vue purement scientifique, ne manque pas d'intérêt pour l'agronome.

Parmi les minéraux mis en expérience se trouvent plusieurs espèces de feldspath dont les transformations sont très-importantes. Voici, du reste, la liste des minéraux et des roches que l'agronome remarquera davantage dans cette étude: 1° l'adulaire du Saint-Gothard; 2° l'oligoclase de l'Ytterby en Suède; 3° la hornblende d'Altenbourg; 4° le fer magnétique du Greiner (Zillerthal); 5° le fer magnétique du Kaschberg (Bohême); 6° la moroxite de Hamond Saint-Lawrence Ay (variété vert bleuâtre d'apatite); 7° l'apatite de Katharinbourg; 8° le spargelstein du Chili; 9° l'olivine de l'Ultenthal (Tyrol); 10° la serpentine noble de Suarnum (Norvége).

Ces minéraux pulvérisés, criblés et séchés ont été pesés et introduits dans des flacons de 1 100 centimètres environ. On a rempli ensuite ces vases d'eau chargée d'acide carbonique sous une pression de 3 1/2 atmosphères, à la température de 12 degrés environ. Les bouteilles, soigneusement bouchées et cachetées, ont été conservées dans une cave dont la température était à peu près constante. On les secouait de temps en temps. L'expérience a duré pour les unes 49 jours, du 12 décembre 1875 au 2 février 1876; pour les autres 52 jours, du 24 avril au 12 juin 1876.

A la suite de ce traitement un grand nombre de matières sont entrées en solution, comme il ressort de la comparaison des deux tableaux suivants :

La silice, l'alumine, la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, le protoxyde de fer et l'acide phosphorique sont dissous par l'eau chargée d'acide carbonique. La silice et l'alumine sont solubles, mais en faible quantité. Quant à la décomposition des feldspaths, il semble qu'ils sont d'autant moins attaquables qu'ils renferment plus de silice; la chaux et la soude les rendent plus altérables que la potasse. Les apatites sont assez facilement décomposées, la chaux et l'acide phosphorique se dissolvent dans les proportions mêmes suivant lesquelles ils composent le minéral. La chaux se transforme en carbonate soluble dans l'acide carbonique, l'acide phosphorique devient libre.

Les conclusions de l'auteur se résument comme il suit :

1° Tous les minéraux et roches cités sont décomposés par l'eau chargée d'acide carbonique;

2° Les substances suivantes sont transformées en carbonates :

COMPOSITION CENTÉSIMALE DES MINÉRAUX PRIMITIFS

	ADULAR.	OLIGOCLASE.	HORNLENDE.	FER MAGNÉTIQUE.	FER MAGNÉTIQUE.	MOROXITE.	APATITE.	SPAR-GELSTEIN.	OLIVINE.	SERPENTINE.
Eau	...	...	...	...	...	...	...	...	...	13.48
Acide silicique	65.24	61.55	49.12	...	1.065	...	...	...	40.60	40.82
— phosphorique	...	...	...	...	...	44.088	41.54	41 54		
Chlore	...	...	...	...	...	0.283	?	?		
Alumine	18.15	23.80	9.004	...	0.481	...	...	...	0.86	2.19
Oxyde de fer ou max.	...	Traces.	14.62	67.59	61.140	1.065	...	...		
Protoxyde de fer	Traces.	...	10.305	32.54	33.216	...	...	...	12.35	6.01
Chaux	1.28	3.18	8.761	...	3.517	53.319	54.68	54.68	Traces.	
Magnésie	...	0.80	5.92	..	..	...	...	...	45.81	36.78
Potasse	14.96	0.38								
Soude	...	9.67	2.13							
Oxyde de cuivre	...	...	...	...	...	...	...	...	Traco.	
	99.73	99.38	99.86	100.13	79.310	98.755	96.12	96.12	90.62	99.28

SUR CENT PARTIES DES DIFFÉRENTS CONSTITUANTS, LES QUANTITÉS SUIVANTES SE SONT DISSOUTES PAR L'ACTION DE L'EAU CHARGÉE D'ACIDE CARBONIQUE.

	ADULIARE.	OLIGOCLASE.	HORNLENDE.	FER MAGNÉTIQUE.	FER MAGNÉTIQUE.	MOROXITE.	APATITE.	SPARGELSTEIN.	OLIVINE.	SERPENTINE.
Somme dissoute	0.328	0.533	1.536	0.387	1.821	1.529	1.028	1.976	2.111	1.211
Acide silicique........	0.1552	0.237	0.419	...	Traces.	...	...	...	0.873	0.354
— phosphorique	...	...	...	...	...	1.417	1.822	2.120		
Alumine.............	0.1368	0.1713	Traces.	...	...	...	...	...	Traces.	Traces.
Protoxyde de fer......	Traces.	Traces.	4.829	0.942	2.428	...	...	Traces.	8.733	1 527
Chaux.............	Traces.	3.213	8.528	...	29.015	1.696	2.168	1.946	Traces.	
Magnésie............	...	..	Traces.	...	...	...	...	...	1.291	2.649
Potasse..	1.3527	Traces.								
Soude..............	...	2.307								
Oxyde de cuivre......	...	...	...	...	...	...	...	...	Traces.	

Chaux, fer, manganèse, cobalt, nickel, potasse, soude.

3° Pendant l'action de l'acide carbonique sur des silicates alcalins comme les feldspaths, il se dissout toujours une petite quantité de silice, probablement à l'état d'hydrate;

4° L'alumine elle-même entre en solution, mais en très-petites quantités;

5° L'adulaire résiste beaucoup mieux que l'oligoclase;

6° La coloration rouge des feldspaths peut être considérée comme la première phase de la décomposition; la deuxième phase est la transformation en kaolin;

7° La hornblende se décompose plus facilement que le feldspath,

8° La pression de l'acide carbonique agit plus activement que la durée de son action;

9° Le fer magnétique est très-peu attaqué par l'eau chargée d'acide carbonique;

10° L'apatite se dissout facilement;

11° L'olivine est celui des silicates qui est le plus vivement attaqué;

12° Le silicate de magnésie est décomposé.

ERRATUM

C'est par erreur que le mémoire sur la maturation des olives, inséré dans le numéro de juillet des *Annales*, p. 229, porte seulement le nom de M. A. Roussille; ce mémoire est dû à la collaboration de MM. Emile Mourret et A. Roussille.

PARIS. — IMPRIMERIE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2.

Le gérant, G. MASSON.

L'ACTINOMÈTRE ARAGO-DAVY

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA MATURATION DES RAISINS

PAR

M. ALBERT LÉVY

de Villanova di Farra (Frioul autrichien)

> A cause de leur complication, les phénomènes physiques qui se manifestent dans les cultures ne peuvent aucunement s'accommoder des distinctions tranchées que la pédanterie établit entre les sciences auxiliaires; et quiconque se flatterait de pouvoir n'utiliser qu'une de ces sciences pour arriver à une solution régulière des problèmes posés par l'agriculture pratique, ne poursuivrait le plus souvent qu'une œuvre vaine et impossible. Adolf MAYER.
>
> *Lehrbuch der Agrikulturchemie*. Heidelberg, 1871, t. I, p. 3 et 4.

Le phénomène de la maturation des raisins présente dans ses différentes phases une si grande complexité; les modifications chimiques et physiologiques qui concourent à le produire sont si nombreuses et si variées, et il s'accomplit sous l'influence de tant d'agents divers, qu'il est impossible d'en obtenir une connaissance complète sans avoir recours simultanément à la météorologie, à la chimie et à la physiologie végétale.

Parmi les termes de ce problème multiple, je me propose d'en étudier aujourd'hui un seul, qui n'est certes pas le moins intéressant, à savoir : quel est le principal agent qui détermine le degré d'acidité des raisins parvenus à leur maturité présumée, lorsqu'on laisse d'ailleurs identiques les conditions de climat, de sol, d'altitude, d'exposition, et la nature des plants.

On sait que la quantité totale des acides croît d'une manière absolue et progressive dans les grains des raisins, jusqu'à ce qu'ils commencent à se ramollir et à varier; puis, à partir de ce moment, décroît constamment jusqu'au terme de la maturation (1).

On sait de même que la teneur en sucre, dans la première période du développement des raisins, suit une progression ascendante

(1) L'acidité totale de 10^{cc} de moût de raisin chasselas, qui s'élevait le 2 août à 0^{gr},376, n'atteignait plus que 0^{gr},093 le 14 octobre, et celle contenue dans 50 grains du même raisin s'était réduite, du 15 août au 14 octobre de 2^{gr},030 à 0^{gr},962. — A. Famintzin, *Untersuchungen über das Reifen der Trauben* (*Annalen der œnologie*, t. II, p. 242 et sq.). Voy. aussi E. Mach, *Reifestudien bei Trauben und Früchte* (*Annalen der œnologie*, t. VI, p. 409 et sq.). — *Ann. Agron.* tome II, page 477; tome III, page 629; tome IV, page 5.

continue, mais lente; après quoi elle augmente rapidement et d'une manière considérable (1), depuis le moment où les premiers signes précurseurs de la maturation apparaissent, jusqu'à celui où la maturité est atteinte; elle s'arrête ensuite, avant que la diminution des acides soit parvenue à sa dernière limite (2).

Le progrès de la maturation des raisins est donc caractérisé par deux phénomènes concomitants : augmentation rapide et continuelle du sucre, et diminution progressive de l'acidité tant absolue que relative.

Mais de ce que ces deux faits sont coexistants, il n'est pas permis d'inférer qu'ils soient entre eux dans une dépendance réciproque, comme le prétendaient les partisans de l'hypothèse de Liebig sur les produits transitoires de l'assimilation; on ne saurait en conclure non plus qu'ils soient nécessairement corrélatifs, de telle façon qu'entre le sucre et l'acidité il doive toujours se présenter, dans les raisins mûrs, un rapport inversement proportionnel, comme le supposent cependant les œnologues novices et les viticulteurs qui débutent.

Il est vrai que ce rapport inversement proportionnel entre le sucre et les acides se vérifie d'ordinaire, c'est-à-dire dans les années et les saisons parfaitement normales, quand les agents extérieurs qui influent sur la végétation de la vigne agissent avec une égale intensité; en effet, l'un et l'autre de ces deux phénomènes dépendent en grande partie du concours simultané de ces agents extérieurs.

Mais il arrive fréquemment que le sucre et les acides se trouvent dans un rapport direct et non pas inverse dans le suc des raisins: je veux dire qu'on aura, une certaine année, des raisins plus sucrés que de coutume, et en même temps plus acides que de coutume, et une autre année, des raisins moins sucrés et aussi moins acides que de coutume (3).

(1) Famintzin a analysé plusieurs fois 10cc de jus de raisin chasselas, et en même temps 50 grains du même raisin : il a trouvé que le sucre, dont il n'existait le 17 juillet que des traces minimes, s'était accru au 14 octobre, jour où la vendange commença, jusqu'à 2 grammes dans le jus, et 19gr,300 dans les grains. — *Loco citato*.

(2) Pollacci Egidio, *La teoria e la pratica della enologia*. Firenze, 1872, p. 38.

(3) Par ces mots *plus* et *moins que de coutume*, on veut indiquer un excès ou un déficit sur les moyennes des années normales. Ces moyennes, d'ailleurs, varient d'un lieu à un autre en raison du climat, du terrain, de l'altitude, de l'exposition, et plus encore en raison de la diversité des plants, du système de culture, de taille, de palis-

Le rapport des degrés de douceur et d'acidité que les raisins présentent durant la période de maturation et lorsqu'ils sont parvenus à maturité, n'est donc pas donné par une règle absolue et immuable ; comme le pensaient ceux qui, confondant la concomitance ordinaire de ces deux faits avec des rapports de causalité imaginaires, voyaient dans les acides la source principale du sucre que contient le raisin mûr.

Et, sans en chercher les preuves bien loin, il suffira que nous nous reportions à ces trois dernières années, 1875, 1876, 1877, pour y rencontrer les exemples les plus variés des proportions irrégulières que présentent souvent ces deux produits organiques dans les raisins, les moûts et les vins. En effet, 1875 nous a donné des raisins peu sucrés, et relativement aussi peu acides ; 1876, des raisins plus sucrés et plus acides ; enfin, 1877, qui présentait les conditions normales d'une mauvaise année, des raisins peu sucrés et très-acides.

Ces divergences des règles ordinaires, ces apparentes contradictions dans les résultats des nombreuses réactions chimico-physiologiques qui concourent à la maturation du raisin, n'ont certainement pas échappé à l'attention des œnologues, qui devaient avoir à cœur d'en rechercher les causes. Mais soit insuffisance des moyens de recherche employés, soit oubli de quelque élément important à évaluer, le fait est que le phénomène dont je parle n'a pas encore reçu, que je sache, d'explication satisfaisante.

Sans que j'aie nullement la prétention de l'avoir trouvée, qu'il me soit permis d'examiner par quelles voies et moyens on peut espérer, avec le plus de probabilité, résoudre d'une manière satisfaisante le problème proposé.

I. — Influence des agents météoriques sur la production quantitative et qualitative de la vigne.

Nous supposerons que la plante ait en sa présence les matériaux inorganiques indispensables qu'elle doit tirer directement du sol par ses racines, aussi bien que ceux qu'elle doit puiser dans l'atmosphère et assimiler par ses parties vertes, pour produire la ma-

sage et de fumure ; je crois donc inutile d'en donner des déterminations numériques qui ne pourraient avoir qu'une valeur strictement locale et conséquemment purement relative.

tière organique destinée à servir, après une série de métamorphoses, à son accroissement, à la floraison, à la production et à la maturation des fruits et des grains. Mais il est impossible d'imaginer que ces matériaux soient utilisés, en d'autres termes, que le travail organique de la végétation ait lieu, sans le concours de l'eau, c'est-à-dire du menstrue par lequel ces matériaux sont dissous et transportés dans les diverses parties de la plante vivante pour y former de nouvelles cellules et de nouveaux agrégats de cellules, ou de nouveaux organes; et en même temps, sans le concours de la chaleur et de la lumière, qui sont les seules forces extérieures capables d'effectuer ce travail chimique duquel dépend tout le procès de la végétation de la plante (1).

L'eau, la chaleur et la lumière sont donc les trois facteurs desquels tous les phénomènes de la végétation dépendent, si l'on fait abstraction des matériaux fournis à la plante par le sol et par l'atmosphère. Ce sont pareillement, au point de vue agricole, les trois agents météoriques qui caractérisent le mieux les années, les saisons et les climats. Considérons maintenant les données que nous possédons à l'égard de ces éléments, quant à la mesure dans laquelle ils nous ont été dispensés dans ces trois dernières années durant la période de végétation de la vigne; et voyons si ces données peuvent nous fournir quelque point d'appui, et dans quelles limites, pour déchiffrer le problème proposé.

Pour cela je passerai brièvement en revue les données météoriques recueillies dans mon petit observatoire, qui fonctionne régulièrement depuis 1874 (2), et je commencerai par la température.

J'admettrai que le premier réveil de la vie végétative se manifeste dans la vigne lorsqu'elle pleure : dans mes vignobles, ce phénomène a commencé en 1875, 1876, 1877, avec les premiers jours de mars. Je supposerai aussi que la vendange ait eu lieu, dans ces trois années, le 10 octobre (1). Cela posé, j'ai réuni dans les trois petits tableaux suivants la somme des degrés de chaleur marqués

(1) En comptant la chaleur parmi les forces extérieures nécessaires au travail chimique qui a lieu dans la plante, je n'entends pas parler de la chaleur absolue, mais de celle qui dérive des rayons solaires.

(2) Les observations météorologiques sont confiées entièrement à un jeune homme soigneux, Joseph Carlini, élève de l'Institut technique d'Udine.

(3) Elle s'est faite, en réalité, du 10 au 15 en 1875; du 6 au 10 en 1876; et, en 1877, du 5 au 10, à cause des vents et des gelées qui avaient fait jaunir et sécher les feuilles et flétrir les grains de raisin encore âpres et mal mûrs.

par le thermomètre centigrade exposé à l'air libre, mais défendu contre le soleil et la pluie, et observés pendant les trois années susdites durant la période de végétation dela vigne, savoir, du 1er mars au 10 octobre; les températures moyennes mensuelles ont été multipliées par le nombre des jours de chaque mois, en ne comptant que dix jours pour le mois d'octobre.

SOMME DES DEGRÉS THERMOMÉTRIQUES (1) FOURNIS A LA VIGNE DANS LES ANNÉES :

	1875.	1876.	1877.
	Produit abondant, moins sucré et moins acide que le produit normal.	Produit maigre, plus sucré et plus acide que le produit normal.	Produit variable (2), moins sucré et plus acide que le produit normal.
Mars........	156.55	271.25	205.84
Avril.........	339.00	415.50	349.80
Mai..........	567.30	452.29	474.30
Juin.........	685.50	629.70	681.00
Juillet.......	714.55	702.15	719.20
Août.........	709.90	711.45	747.10
Septembre...	523.50	523.50	505.80
1-10 Octobre......	134.20	167.00	132.40
Total...	3830.50	3872.84	3815.44

Ces chiffres, qui représentent la température totale de la période de végétation de la vigne pendant chacune des trois dernières années, n'offrent, comme on le voit, pas de différences notables. Quelques degrés en plus ou en moins, et pour préciser, 42°34 de plus en 1876 qu'en 1875, et 15°06 de moins en 1877, qui correspondent dans le premier cas à une anticipation de deux jours dans la maturité présumée des raisins (3), et dans le second cas, à un retard d'un seul jour : ces variations ne suffiraient assurément pas pour rendre raison des différences considérables

(1) Tous les degrés thermométriques notés dans ce tableau et les suivants se rapportent au thermomètre Celsius ou centigrade.

(2) Le 23 juin et le 7 juillet, des grêles plus ou moins dévastatrices ont parcouru une grande partie du Frioul, de sorte que le produit de la vigne a été chétif ou nul dans un très-grand nombre de lieux frappés par le fléau, et plus ou moins abondant dans les rares endroits épargnés. Mais la qualité des raisins et du vin a été partout médiocre, par manque de sucre et excès d'acidité.

(3) La température moyenne journalière de toute la période de végétation, qui comprend 224 jours, a été en 1875 de 17°50; par conséquent, l'excédant de 1876 équivaudrait à une anticipation de 2.47 jours, et le déficit de 1877, à un retard de 0.88 jours sur l'année à laquelle on la compare.

qu'on a reconnues dans le produit quantitatif et qualitatif de la vigne, à chacune des trois années dont il s'agit.

Il faut en dire autant des températures moyennes des maxima et minima mensuels, ainsi que des maxima et minima absolus, observés durant les mois où la vigne est en végétation ; c'est ce qui résulte évidemment des tableaux suivants.

MOYENNE DES MAXIMA ET MINIMA MENSUELS.

	1875.		1876.		1877.	
	Maxima.	Minima.	Maxima.	Minima.	Maxima.	Minima.
Mars	10.0	0.1	12.6	4.9	10.4	2.7
Avril	16.5	6.1	18.5	9.2	16.4	6.9
Mai.......	23.8	12.8	19.1	10.1	20.2	10.5
Juin......	28.9	16.8	26.9	15.1	28.4	16.7
Juillet	28.6	17.5	28.3	17.0	27.8	16.2
Août......	28.4	17.4	28.2	17.7	30.3	17.3
Septembre.	22.5	12.4	21.9	13.0	21.0	11.4
1-10 octobre ...	19.8	7.0	21.7	11.7	16.1	8.2

MAXIMA ET MINIMA ABSOLUS MENSUELS.

	1875.		1876.		1877.	
	Maximum.	Minimum.	Maximum.	Minimum.	Maximum.	Minimum.
Mars	17.2	—4.5	19.0	—1.2	19.0	—6.2
Avril	22.2	0.6	22.3	4.3	20.5	2.0
Mai.......	31.2	7.0	26.0	4.0	24.5	6.5
Juin......	30.2	15.0	32.0	11.9	32.0	12.7
Juillet	33.0	14.5	31.9	12.7	31.5	12.3
Août......	32.5	13.5	35.5	9.0	32.0	14.9
Septembre.	26.0	8.0	26.0	8.1	30.5	4.0
1-10 octobre ...	20.6	6.2	25.0	8.6	19.0	4.0

Ici les différences sont à peines sensibles, car en réunissant en groupes déterminés les moyennes des maxima du premier tableau, et divisant ensuite leur total par le nombre $7\frac{1}{3}$ qui est celui des mois, on a pour chaque année la moyenne des maxima de la période entière et on trouve :

	1875.	1876.	1877.
Pour les 3 premiers mois de printemps (1)..........	50.3	50.2	47.0
— 3 mois suivants d'été......................	85.9	83.4	86.5
— 40 derniers jours de septembre et d'octobre..	42.3	43.6	37.1
Total......................	178.5	177.2	170.6
Quotient	24.34	24.16	23.26

(1) Les saisons météorologiques, différant en cela des saisons astronomiques, commencent avec le 1er décembre et finissent au 30 novembre de l'année suivante ; elles se composent par conséquent chacune de trois mois complets.

Il n'y a qu'une différence tant soit peu plus prononcée, et en moins, pour l'automne de 1877, qui fut, comme on l'a dit, rendu inclément par des vents froids et impétueux.

De même encore, les maxima absolus du deuxième tableau ne présentent pas de différences notables, puisque, si le maximum de 1875 s'est élevé à 33° en juillet, celui de 1876 a atteint 35°5 en août, et qu'en 1877 les mois de juin et août ont eu tous deux le même maximum absolu de 32°.

Il n'existe donc en aucune façon, dans les données thermométriques rapportées ci-dessus, des éléments capables de rendre raison de la disproportion du sucre et des acides contenus dans les raisins au moment de la maturité, dans les diverses années auxquelles s'étendent mes observations.

D'ailleurs l'expérience nous apprend que la vigne, tout en étant, parmi les plantes cultivées sous ce climat tempéré, une des plus exigentes en fait de chaleur, n'a pas toujours ses récoltes les plus abondantes ni de la qualité la plus exquise, en rapport avec la somme des degrés de chaleur ou avec les températures moyennes les plus élevées qu'elle a subies pendant sa période de végétation (1).

Ayant ainsi vérifié l'insuffisance des données thermométriques, voyons si les données pluviométriques pourront mieux nous aider à la solution du problème proposé.

QUANTITÉ DE PLUIE (EN MILLIMÈTRES) TOMBÉE DU 1er MARS AU 10 OCTOBRE DANS LES ANNÉES :

	1875.	1876.	1877.
Mars	2.15	179.76	209.54
Avril	61.96	161.51	157.82
Mai	104.47	212.74	202.42
Juin	137.67	96.69	86.00
Juillet	196.44	87.43	126.20
Août	280.14	167.59	20.10
Septembre	33.95	264.18	32.09
1-10 octobre	4.22	0.0	5.80
Total	821.00	1169.90	839.97

Ces chiffres, groupés d'une manière convenable, donnent sujet

(1) Marié-Davy, *Météorologie et physique végétale* (*Journal d'agriculture pratique*, 1875, t. II, p. 735). Voir aussi les *Observations de Salomon* faites à Nikjta, sur la côte méridionale de la Crimée, pour la période comprise entre 1858 et 1869, et rapportées dans son mémoire intitulé : *Einfluss der Wärme auf die Weinbergs-Erträgnisse* (*Annalen der œnologie*, t. III, p. 41 et sq.).

à beaucoup de comparaisons intéressantes, et à beaucoup d'importantes considérations.

Le printemps de 1875 fut en général sec. Il ne donna, en effet, dans les trois mois de mars, avril et mai, pas plus de 168,58 millimètres de pluie : tandis que dans les mêmes mois des deux années suivantes, il en tomba plus du triple :

savoir, en 1876................	554.01 millimètres.
— 1877................	569.78 —

Or nous savons que pendant cette période, qui est celle où se forment les feuilles, les fleurs et les fruits, l'assimilation des matériaux que l'air et le sol fournissent à la plante pour les convertir en substance organique s'effectue avec la plus grande activité. Nous savons d'autre part que ce travail ne s'opère que sous l'action de la lumière, et s'accomplit d'autant plus activement qu'il se trouve plus d'intensité et de durée dans les rayons solaires qui frappent la plante, et fonctionnent comme agents et stimulants de la vie végétale. Enfin nous savons que le petit nombre des jours pluvieux et la petite quantité d'eau tombée au printemps sont l'indice presque certain d'un ciel serein et d'une atmosphère diaphane et pure. On ne doit donc pas s'étonner si aux printemps secs et assez chauds succèdent d'ordinaire des vendanges abondantes. Et en effet telle fut celle de l'année 1875, qui n'eut pas son égale depuis 1848. Les deux années suivantes, remarquables par l'excessive humidité de leur printemps, fournirent au contraire des vendanges très-chétives.

Pendant les trois mois suivants, de juin, juillet et août, la proportion des pluies se répartit dans un ordre tout à fait inverse : en effet, il y en eut :

En 1875, une hauteur de..............	614mm25
En 1876, pas plus de..................	351 71
En 1877, pas plus de..................	232 30

Mais cette circonstance ne pouvait altérer les rapports qui existaient entre les trois années, quant à la quantité du produit. L'abondance relative des pluies d'été, en 1875, ne pouvait plus ôter à la vigne les avantages acquis au printemps; ni la sécheresse relative des étés de 1876 et 1877, lui permettre de regagner, en saison avancée, le temps perdu au début.

La période de la plus grande assimilation était désormais passée; la floraison finie depuis longtemps, le raisin noué et devenu déjà grand ; pas un grain de plus ne pouvait naître dans la même année. L'assimilation qui se fait d'une manière plus lente dans la période suivante, aurait bien pu, en étant favorisée ou contrariée par la saison, provoquer ou arrêter, accélérer ou retarder le développement des grappes en longueur et en grosseur, ainsi que la nutrition et le développement des grains; mais non plus augmenter leur nombre. Et si l'on réfléchit ensuite que, pendant l'été, sous l'influence de la haute température qui règne d'ordinaire à cette époque, l'évaporation du sol et des plantes atteint le maximum de son intensité, on comprendra que les pluies abondantes, pourvu qu'elles soient entremêlées de jours chauds, sereins, et de vive insolation, sont plus avantageuses que nuisibles à la végétation; il faudra par conséquent convenir que l'excès d'eau tombée en juin, juillet et août 1875, aurait pu, tout au plus, rendre le raisin plus aqueux, et diluer par suite davantage les principes sucrés et acides qu'il contenait, mais non pas en amoindrir les doses. La supériorité de 1875 devait donc se maintenir sans altération, au moins en ce qui regarde l'abondance du produit.

Enfin, si nous examinons les rapports pluviométriques des trois années, pour le mois de septembre et les quelques jours d'octobre qui ont précédé la vendange, nous retrouvons encore les mêmes conditions qu'au printemps, du moins pour les années 1875 et 1876. En effet, la pluie tombée durant cette période, la première année, n'a pas dépassé 38^{mm},17, tandis qu'elle a monté, la deuxième année, à 264^{mm},18 pour retomber en 1877 à 37^{mm},89.

Ainsi, nous avons eu un automne sec en 1875 et en 1877, et un automne très-humide en 1876. Mais il faut remarquer qu'à partir du moment où les raisins commencent à s'attendrir et à *tourner* (ce qui arrive d'ordinaire sous ce climat aux environs du commencement d'août), le travail d'assimilation ou de production de substance organique se termine pour la vigne, et qu'un autre lui succède immédiatement : celui de la maturation, c'est-à-dire la période où s'élaborent et se raffinent les matériaux préexistants, sans qu'il y ait désormais pour eux possibilité de s'accroître; ils ne peuvent plus que se transformer et se perfectionner moyennant ces mystérieuses réactions chimico-physiologiques qui surviennent dans les grappes et les grains sous l'influence de la chaleureet de la lumière. Cette

troisième période (l'automne), de même que la seconde (l'été), ne peut donc plus influer sur la quantité des fruits noués, mais uniquement sur leur qualité, et cela plus énergiquement peut-être que la période qui la précède.

Seulement, ni l'excédant de pluie tombée durant la période de végétation de la vigne en 1876 comparativement à 1875, ni l'excédant semblable qui s'est produit dans le seul automne de 1876 comparé à celui de 1875, ne peuvent nous rendre raison de la différence de qualité sensible qui s'est montrée entre les produits de ces deux années : ils ne peuvent, veux-je dire, expliquer pourquoi les raisins de 1876 ont été plus sucrés et en même temps plus acides que ceux de 1875. En n'ayant égard qu'à la différence pluviométrique des deux années, on devrait au contraire supposer que la proportion du sucre et des acides aurait été plus faible en 1876 qu'en 1875, puisque sucre et acides auraient dû être bien plus dilués dans les raisins plus mous et plus aqueux de l'année où les pluies sont tombées en plus grande abondance, spécialement durant la période de maturation. Nous savons au contraire que c'est l'opposé qui s'est produit dans les proportions de ces deux sortes d'éléments dans le suc du raisin. Par conséquent nous devons convenir que les observations pluviométriques aussi, considérées isolément, ne suffisent pas à dévoiler la cause des différences qualitatives qui se présentent d'une année à l'autre dans le produit de la vigne.

Il en est de même de l'état hygrométrique de l'air déduit des observations du psychromètre; il ne conduit pas plus au but, ainsi que cela résulte évidemment du tableau suivant :

MOYENNES MENSUELLES DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE (1) DE L'AIR, DANS LES ANNÉES

	1875.	1876.	1877.
Mars	58	80.5	79
Avril	61.5	67	76
Mai	66	63.5	79
Juin	56.5	68.5	69
Juillet	66	65	72
Août	62	66	59
Septembre	69	77	72
1-10 octobre	67	80	63.5
Total	506	567.5	569.5
Total pour 224 jours	14092	15699	16104
Moyenne journalière pour toute la période	63	70	72

(1) L'état ou degré hygrométrique, ou humidité relative, est le rapport entre la quan-

Ces chiffres ne jettent aucune lumière sur la question qui nous occupe. Ils feraient tout au plus pressentir une certaine corrélation entre l'état hygrométrique de l'air et l'abondance ou la rareté du produit. Nous voyons en effet qu'à l'abondante vendange de 1875 correspond la plus petite humidité relative de 63 p. 100, tandis que dans les années 1876 et 1874, où le produit a été si faible, la moyenne hygrométrique s'élève respectivement à 70 et 72 p. 100. Et cette correspondance devient encore plus manifeste en comparant entre elles les moyennes d'humidité relative qui se rapportent aux différentes saisons durant lesquelles s'est développée la végétation de la vigne.

Dans les trois mois de printemps, dont l'influence est, comme je l'ai dit, prépondérante sur le produit quantitatif de la vigne, l'humidité relative moyenne a été

de	61.83 %	en	1875
	70.33 %		1876
	78.00 %		1877

Dans les trois mois d'été, qui exercent peut-être plus d'influence sur la fertilité potentielle de l'année suivante que sur l'abondance de la récolte pendante, cette humidité se réduisit légèrement, savoir :

à	61.50 %	en	1875
	66.50 %		1876
	66.67 %		1877

et dans les quarante derniers jours de septembre et d'octobre, dont l'action est prédominante sur la qualité du produit, elle s'éleva

à	63.50 %	en	1875
	77.75 %		1876
	69.87 %		1877 (1)

Seulement, pour apprécier la valeur de ces données, il est bon d'avoir présent à l'esprit que l'état hygrométrique de l'air ou la fraction

tité de vapeur d'eau contenue effectivement dans l'air à une température donnée et celle qui y pourrait être contenue en le saturant à la même température, le degré de saturation étant représenté par 100. Toutefois il convient de remarquer que la fraction de saturation qui exprime ce rapport convient uniquement à l'espace d'air limité du lieu de l'observation. En deçà et au-delà, au-dessus et au-dessous de cet espace, le degré hygrométrique n'est plus le même, et il varie généralement en raison inverse de l'élévation de la température.

(1) La moindre valeur du degré hygrométrique de l'automne de 1877 est l'effet des vents impétueux de S.-E. et de E.-S.-E., qui soufflèrent en septembre, cette année-là.

saturation de la vapeur d'eau qui se trouve en suspension dans l'atmosphère, est tellement dépendant de la température, de l'évaporation, de la direction et de la force des vents, que la simple énonciation du degré de l'humidité relative contenue dans l'air un jour déterminé, ou un mois déterminé, ou même pendant la période entière de la végétation, ne suffit certainement pas pour expliquer aucun des phénomènes si complexes de la végétation, si l'on ne connaît simultanément toutes les autres données météorologiques qui peuvent en avoir été la cause.

Nous attacherions plus de prix à connaître les autres données psychrométriques relatives à l'*humidité absolue*, qui mesure la pression de la vapeur à la surface de la terre et correspond au poids d'eau contenu sous forme de vapeur dans l'atmosphère.

Nous savons en effet que les rayons du soleil, avant d'arriver à nous, sont en partie absorbés par l'atmosphère (1), et cela en quantité d'autant plus grande qu'est plus grande la quantité de vapeur d'eau répandue dans l'air (2); nous connaissons aussi l'influence prépondérante de la lumière, c'est-à-dire de la radiation solaire, sur la végétation des plantes. La tension de la vapeur, ou humidité absolue, plutôt que l'état hygrométrique de l'air, ou humidité relative, semblerait donc capable de nous servir d'indice de la transparence ou diaphanéité plus ou moins grande de l'atmosphère et par conséquent de l'intensité plus ou moins grande de la radiation solaire. Voyons si les données numériques recueillies à ce sujet peuvent servir de base à cet important criterium.

MOYENNES MENSUELLES DE LA TENSION DE LA VAPEUR (EN MILLIMÈTRES)

	1875.	1876.	1877.
Mars	4.05	7.20	6.20
Avril	7.35	9.25	7.80
Mai	13.40	9.05	10.30
Juin	13.40	14.10	14.10
Juillet	16.20	14.00	14.70
Août	16.53	14.10	13.30
Septembre	10.76	11.70	10.68
1-10 octobre	12.17	11.51	7.18
Total	93.86	90.91	84.26

(1) Pouillet a évalué à environ la moitié la perte de la chaleur solaire causée par l'absorption de l'air. Les rayons lumineux aussi sont absorbés par l'atmosphère, quoiqu'en proportion moindre que les rayons calorifiques.

(2) « L'intensité de la radiation solaire est en raison inverse de la pression (tension) de la vapeur. » Stow, *Sur l'absorption des rayons calorifiques du soleil par la vapeur*

Total pour 224 jours ..	2622.58	2541.45	2428.70
Moyenne journalière de toute la période.....	11.70	11.34	10.84

En groupant comme d'habitude ces chiffres de trois en trois mois, ou plus exactement saison par saison, nous avons les moyennes suivantes pour les trois années :

	1875.	1876.	1877.
Pendant les 3 mois de printemps....	8.27	8.50	8.10
— 3 — d'été...........	15.38	14.07	14.03
— 40 jours d'automne	17.19	17.40	13.39 (1)

On voit par là combien sont minimes les variations qu'éprouve la tension de la vapeur, en regard des différences beaucoup plus considérables du degré hygrométrique entre les années humides et les années sèches. Il y a tout autant d'insignifiance dans les changements qui surviennent pour la tension de la vapeur aux différents mois, jour et heures, ainsi que du jour à la nuit. Par suite nous devons renoncer à l'espoir de pouvoir tirer parti des observations psychrométriques, fût-ce comme simple indice des variations de l'intensité de la radiation solaire.

Après avoir consulté en vain les données recueillies dans ces trois dernières années au sujet de deux des principaux éléments météoriques, chaleur et eau, qui exercent une action si puissant sur les phénomènes de la végétation, voyons maintenant s'il nous serait donné de trouver la solution du problème posé en suivant les observations faites durant la même période relativement au troisième de ces importants facteurs, la lumière, qui indubitablement jouit d'une influence prépondérante à beaucoup d'époques de la vie des plantes, je dirai même aux plus importantes. Mais en ce qui regarde la lumière, les observatoires météorologiques ne nous offrent que des données très-rares, vagues, incomplètes et à peine approximatives, de sorte qu'elles ne sont pas comparables entre elles. Aux expressions de ciel serein, mi-couvert, couvert, nuageux, pluvieux, etc., on a bien substitué, dans le désir d'avoir une indétermination moindre, tantôt des signes conventionnels, tantôt des chiffres, le zéro signifiant un ciel parfaitement serein, 10 un ciel

d'eau de l'atmosphère (*Zeitschrift der œsterreichischen Gesellschaft für Meteorologie*, t. IX, p. 314). — Voir aussi Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. VI, appendice n° 16. p. 441, et Marié-Davy (*Journal d'agriculture pratique*, 1874, t. II, p. 124 et 125, 427 et 428).

(1) La moindre valeur de la tension de la vapeur dans l'automne de 1877 doit être imputée aux vents secs et impétueux qui ont soufflé en septembre cette année-là.

entièrement couvert, et les nombres intermédiaires, les états intermédiaires du ciel entre ces états extrêmes. Mais chacun voit que cette méthode d'appréciation est de sa nature plutôt subjective qu'objective, plutôt relative qu'absolue, et par conséquent manque de cette précision et de cette uniformité qui seraient indispensables pour pouvoir comparer entre elles les données recueillies dans les divers observatoires. Cependant j'ai dû jusqu'ici me contenter de suivre cette méthode très-imparfaite d'appréciation de l'état du ciel; et, à défaut de données plus précises (que dorénavant je saurai me procurer au moyen de l'instrument dont je parlerai plus loin), je me borne aujourd'hui à rapporter ci-dessus le petit nombre de celles que j'ai pu recueillir dans les années 1875 et 1876, en laissant entièrement de côté 1877, à cause des grêles dévastatrices qui sont tombées dans cette province en juin et juillet, et des vents glacés et impétueux qui ont soufflé dans la seconde moitié de septembre et les premiers jours d'octobre; ces circonstances excluent en effet toute corrélation entre la récolte mesquine et très-mauvaise de cette année-là et l'agent météorique de la lumière, dont l'influence est si grande sur la qualité et la quantité du produit.

Ayant admis tout d'abord que l'insolation est le fait principal dont il convient de tenir compte quand on observe l'état du ciel, j'ai compris parmi les jours sereins tous ceux pour lesquels l'état du ciel est marqué par les chiffres 0, 1, 2, 3 dans les registres de mon petit observatoire, et comme jours couverts tous ceux auxquels on a appliqué les chiffres 8, 9, 10; en adoptant ce mode de classement, je crois avoir réussi, mieux que par tout autre moyen, à mettre ensemble avec une approximation suffisante les journées où les plantes ont été en grande partie frappées des rayons du soleil, et d'autre part celles où elles ne l'ont pas été du tout ou dans une mesure tout à fait insignifiante.

JOURS SEREINS (ENSOLEILLÉS) ET COUVERTS (NON ENSOLEILLÉS)

	1875.		1876.	
	Sereins.	Couverts.	Sereins.	Couverts.
Mars	15	6	6	18
Avril	11	9	8	9
Mai	19	8	12	14
Juin	13	13	8	14
Juillet	11	4	7	7
Août	19	7	10	7
Septembre	12	8	5	13
1-10 octobre	4	2	8	0
Total	104	57	64	82

En groupant comme d'habitude les chiffres inscrits dans ce tableau, nous trouvons que dans les mois de mars, avril et mai, on a eu

	Jours sereins.	Jours couverts.
En 1875	45	23
1876	26	41

c'est-à-dire, dans la première année, un printemps avantagé de beaucoup de lumière et de beaucoup d'insolation directe, très-propice par suite à la floraison et à la formation du fruit ; et dans la seconde année, au contraire, un printemps moins lumineux et moins ensoleillé, conséquemment moins favorable à la fructification.

Dans les mois suivants de juin, juillet et août, nous avons eu

	Jours sereins.	Jours couverts.
En 1875	43	24
1876	25	28

Dans le cours de l'été, la lumière et la radiation solaire ont encore favorisé, en 1875, la végétation de la vigne et la nutrition des raisins dans une proportion bien plus élevée que l'année suivante.

Enfin dans les quarante derniers jours de septembre et d'octobre :

	Jours sereins.	Jours couverts.
En 1875	16	10
1876.	13	13

Rapprochant ces derniers chiffres des données thermométriques de la même période, nous trouvons qu'en 1876, durant le mois de septembre et les dix premiers jours d'octobre, la vigne a reçu un excédant de 32°,80 de chaleur, tandis que, d'autre part, elle a eu un déficit de trois jours de lumière et d'insolation directe, comparaison faite avec ce qui s'est passé durant la même période l'année précédente. Et qu'on ne croie pas que trois jours d'insolation de plus ou de moins soient chose de peu d'importance : en effet, en mesurant l'insolation par des degrés thermométriques avec l'instrument dénommé au titre de ce mémoire, et se servant des données que j'ai empruntées, pour la période du 1er septembre au 10 octobre, aux tables des radiations solaires moyennes mensuelles publiées pour les années 1873, 1874 et 1875 par l'observatoire de

Montsouris (1), on trouve qu'elle s'élève à non moins de 14°76 par jour, ce qui fait, pour les trois jours de radiation solaire manquant à l'automne de 1876 en comparaison de l'automne précédent, le total remarquable de 44°30. Cette quantité, comme on le voit, surpasse celle des 32°80 de chaleur reçus en plus durant la même période, en 1876, en comparaison de l'année précédente.

Les degrés de chaleur et les degrés de lumière ayant été dispensés à la vigne dans des proportions différentes en 1875 et 1876, d'autre part, les quantités de sucre et d'acides qu'ont présentées les raisins dans ces deux années étant aussi en proportions différentes, ne pourrait-on pas soupçonner l'existence d'une certaine corrélation entre la prépondérance de certains agents météoriques et la prédominance de certains éléments dans le suc des raisins? supposer, par exemple, qu'à l'excès ou au défaut des degrés de chaleur puisse correspondre un accroissement ou une diminution dans le sucre, et qu'à l'excès ou au défaut des degrés de lumière puisse inversement correspondre une diminution ou un accroissement dans l'acidité?

Seulement, tant que nous n'emploierons pas de meilleurs instruments pour mesurer l'intensité de la lumière dans ses rapports avec la végétation de la vigne, et tant que nous n'aurons pas recueilli un bon nombre d'observations et d'analyses pour déterminer son influence sur la maturation des raisins, la solution du problème, basée sur un si petit nombre de faits et des observations si incomplètes, serait tout à fait prématurée et intempestive.

Mais, du moins, examinons si l'hypothèse que j'ai hasardée est conciliable avec les lois physiologiques qui président à la végétation de la vigne.

II. — Physiologie de la végétation de la vigne.

Le premier réveil du travail végétatif de la vigne s'annonce par l'écoulement de la séve, par les *pleurs;* le défaut d'équilibre qui existe alors entre la température de l'air et celle du terrain voisin des racines, favorise l'absorption osmotique et l'ascension des sucs

(1) *Annuaire météorologique et agricole de l'Observatoire de Montsouris.* Paris, Gautier-Villars, 1875, 1876 et 1877.

exubérants recueillis au pied de la vigne pendant l'hiver (1); d'autre part, il ne s'est pas encore développé d'organes capables d'assimiler ce courant de liquides pour les faire servir à la nutrition de la plante; par là s'explique le phénomène des pleurs de la vigne (2), qu'une taille trop tardive peut exagérer et même rendre nuisible, sans que d'ailleurs une taille anticipée ou automnale soit capable de l'empêcher de se produire (3).

Mais bientôt les bourgeons gonflés s'ouvrent sous l'action vivifiante de la chaleur et de la lumière, et aux pleurs des premiers jours succède le travail d'assimilation; c'est la période d'accroissement. A peine sont apparus les premiers grains de chlorophylle, les feuilles et les autres appendices verts de la plante, sous l'action des rayons lumineux du soleil, absorbent et décomposent l'acide carbonique de l'air atmosphérique, ainsi que l'eau contenue dans les espaces intercellulaires, pour en fixer le charbon et l'hydrogène (4); le premier produit organique qui en dérive immédiatement, par l'effet de la combinaison de ces éléments avec les composés inorganiques très-oxydés ingérés par les racines, c'est l'amidon, lequel doit concourir, avec les autres matériaux nutritifs

(1) « La chaleur qui frappe la partie aérienne de la plante dilate les bulles d'air contenues avec l'eau dans les vaisseaux du bois durant l'hiver et le printemps, c'est-à-dire avant que les feuilles aient paru et que l'évaporation ait commencé; cette influence de la chaleur excite les courants de l'eau rassemblée dans ces vaisseaux ligneux. » Julius Sachs, *Lehrbuch der Botanik*, 4e édition, Leipzig, 1874, p. 469.

(2) L'ascension de la séve au printemps, précédant l'éclosion des bourgeons, est un phénomène commun à tous les végétaux; mais l'abondance et la force de ce courant d'humeurs sont beaucoup plus grandes dans la vigne que dans les autres plantes; c'est ce qui a été démontré expérimentalement par Hofmeister (Sachs, *Handbuch*, etc., p. 202) et un siècle auparavant par Halles; ce dernier ayant ensuite mesuré la force qui pousse au printemps la séve ascendante de la vigne, a trouvé qu'elle est plus que quintuple de celle qui pousse le sang dans les plus grosses artères du cheval. Les vaisseaux du tissu ligneux qui servent de véhicule à ce courant ayant d'autre part un diamètre beaucoup plus grand dans la vigne que dans les autres plantes arbustives, ne peuvent, après que la taille les a tranchés, se cicatriser entièrement, tant que les bourgeons les plus voisins, en se développant, n'ont pas arrêté l'écoulement des sucs ascendants qu'ils appellent à eux pour les faire servir à l'accroissement des sarments et dont ils évaporent le surplus. Ces deux faits expliquent pourquoi la séve du printemps est dégorgée si copieusement par la vigne, même quand on la taille en automne; tandis que ce phénomène ne se manifeste pas chez les autres plantes, si ce n'est quand la solution de continuité produite par la taille du scion est exécutée au printemps, au moment où le courant ascendant de la séve a sa plus grande intensité.

(3) Toute vigne qui, sous ce climat, ne pleure pas au printemps, est condamnée à la stérilité et à la mort.

(4) La moitié environ de la matière sèche des plantes consiste en carbone. Julius Sachs *Ouvrage cité*, p. 663.

fournis par le sol et par l'atmosphère et avec les autres produits organiques médiats de l'assimilation, cellulose, sucre, etc., à la formation des tissus de la plante, ou en d'autres termes à son travail d'organisation. En même temps ces mêmes parties vertes, sous l'influence de la lumière, exhalent l'oxygène provenant de la réduction de l'acide carbonique et de l'eau, et laissent transpirer proportionnellement à l'intensité de l'insolation la vapeur d'eau en excès provenant de la sève ascendante, qui porte avec elle en dissolution les substances minérales puisées dans le sol par les racines (1).

Ingen-Housz fut le premier à reconnaître, dès la seconde moitié du siècle passé, que la lumière est une condition indispensable de l'activité des cellules contenant de la chlorophylle. Sachs démontra ensuite qu'il faut encore en général une lumière assez intense pour faire verdir le protoplasma, ou si l'on veut pour former la chlorophylle (2). Il trouva en outre que la chlorophylle dejà formée sous l'influence de la lumière se détruit dans l'obscurité; que ce phénomène ne consiste pas seulement dans la décoloration et la destruction de la couleur verte, mais que les granules mêmes de chlorophylle se dissolvent ou se décomposent, et finalement disparaissent; qu'ils perdent d'abord leur contenu d'amidon, changent de forme, et, pendant que leur matière colorante devient fauve et finalement jaune, on voit encore la masse protoplasmique fondamentale des grains de chlorophylle disparaître des cellules où ces grains se trouvaient; de sorte qu'à la fin il ne reste dans ces cellules que de très-petits granules jaunes et d'un luisant de corps gras; enfin il a reconnu que ces changements ont la plus grande ressemblance avec ceux que présentent les cellules de chlorophylle des feuilles avant leur chute en automne (3). La lumière par conséquent sert dans bien des cas, d'abord à opérer la formation des organes d'assimilation, et ensuite à procurer à ces organes les forces nécessaires pour accomplir cette fonction fondamentale (4).

(1) « L'intensité de la lumière, dit Sachs, exerce une influence remarquable sur la transpiration des plantes par le moyen des feuilles. » *Handbuch der experimental Physiologie*, Leipzig, 1865, p. 228. — « L'évaporation, répète-t-il ailleurs, est stimulée par la sécheresse de l'air, mais surtout par l'éclat du soleil. » *Lehrbuch* déjà cité, p. 647.

(2) *Handbuch*, p. 1, 2, et 15. Voir aussi Adolphe Mayer : *ouvrage cité*, partie I, p. 61 et 62.

(3) *Handbuch*, etc., p. 15.

(4) *Handbuch*, etc., p. 1 et 2.

Les intéressantes expériences de Dehérain (1) prouvent aussi à leur tour que l'excitation de la lumière est indispensable à l'évaporation de l'eau par les plantes. Quelques feuilles de blé enfermées dans un tube de verre et exposées alternativement, d'abord à l'action directe du soleil, ensuite à la lumière diffuse, et finalement à l'obscurité, ont évaporé en une heure 88,2, 17, 7 et 1, 1 d'eau pour 100 parties de feuilles en poids. Ensuite, pour démontrer que la quantité d'eau variable évaporée dans ces diverses circonstances ne peut pas être attribuée à des différences de température, mais uniquement à l'influence de la lumière, le même naturaliste a répété les mêmes expériences, en ayant soin de suspendre les divers tubes dans autant de récipients pleins d'eau sans cesse renouvelée par un courant continu, et enfin de les entourer de glace fondante. Il ajoute qu'en substituant encore à la glace fondante une solution d'alun, laquelle intercepte en grande partie les rayons calorifiques tout en conservant pour la lumière une transparence parfaite, on obtient des résultats identiques. Nous savons aussi que la respiration des plantes, tout en se produisant d'une façon continue dans toutes les cellules, avec formation et élimination d'une petite quantité d'acide carbonique et d'eau aux dépens de l'oxygène de l'air, ne se rend réellement manifeste que durant la nuit ou dans l'obscurité, alors que la disparition de la lumière amène nécessairement la suspension de toute activité assimilatrice dans le végétal, de toute production de matière organique dépendant d'une suite de phénomènes opposés, à savoir, d'une absorption de charbon et d'hydrogène, et d'une élimination d'oxygène en quantité correspondante.

Nous savons enfin que l'évaporation, qui a lieu en grande partie à travers les stomates des feuilles, et représente la cause principale de l'ascension du liquide dans les végétaux (ainsi que l'a démontré récemment par expérience le professeur Bœhm, à l'aide d'un appareil simple et ingénieux (2)) est très-faible à l'ombre et quasi nulle durant la nuit.

L'assimilation des plantes n'a donc lieu que sous l'action de la

(1) *Chimie agricole*, p. 175.

(2) Depuis 1863 et 1864, Bœhm a réfuté l'opinion qui attribuait l'ascension du liquide dans les plantes à la faculté d'imbibition des parois des cellules, opinion qu'avait exprimée Sachs; il a de plus démontré l'an dernier par expérience que le phénomène du mouvement du liquide dans le végétal est un effet de la *transpiration*, de l'*élasticité des parois des cellules* et de la *pression de l'air*. (Voy. *Ann. des Sciences naturelles :* Botanique, t. VI, p. 223. 1877.)

lumière, et proportionnellement à l'intensité de celle-ci, ainsi qu'il arrive déjà pour l'évaporation, qui détermine le mouvement des liquides, et par suite le travail interne du végétal.

Nous avons dit que l'amidon est un produit immédiat, voir même le premier produit du travail de l'assimilation.

C'est à l'illustre botaniste Hugo de Mohl que nous devons l'importante découverte de l'existence de l'amidon dans les grains de chlorophylle chez le plus grand nombre des plantes. Ensuite Sachs a trouvé que ces granules d'amidon qui se forment dans la chlorophylle sont élaborés sous l'influence de la lumière, en ce sens que les globules de protoplasma ne produisent l'amidon dans leur intérieur que quand la température est suffisante et qu'ils sont frappés par une lumière assez vive pendant un temps suivi suffisamment long. Il a en outre démontré que, pour la production de l'amidon, il faut une lumière plus intense que pour faire verdir les grains de chlorophylle; que l'amidon déjà formé dans la chlorophylle sous l'action de la lumière disparaît lorsqu'on soustrait les feuilles pendant quelques jours à cette même influence de la lumière; et que, dans cette chlorophylle déjà vidée de l'amidon qu'elle contenait, il se forme pour la *seconde* fois de l'amidon nouveau, en exposant encore les feuilles à la lumière; il a par conséquent démontré la dépendance absolue qui rattache à l'action directe de la lumière le travail de la production de l'amidon, c'est-à-dire de la matière organique assimilée (1).

Or, l'amidon remplit dans la végétation de la vigne des fonctions importantes et très-complexes. Il est d'abord transporté à l'état de solution dans la séve, aux parties de la plante qui se trouvent en état de rapide croissance, et, après avoir subi d'importantes modifications chimiques, il y est employé, de concert avec les matériaux de nutrition, à la formation des nouvelles cellules et des nouveaux organes ou agrégats de cellules. Plus tard au contraire, c'est-à-dire après qu'est finie la période d'accroissement, il se trouve ramassé et accumulé dans le bois de la vigne, où il est emmagasiné comme une réserve pour servir aux besoins de la végétation de l'année suivante. Mais à un moment donné de la végétation, sous certaines circonstances et dans certaines parties de la plante, je veux dire dans le parenchyme des fruits, l'amidon n'éprouve plus la suite des transmutations qu'il présente dans tous les autres organes en voyageant

(1) *Handbuch*, p. 28 et *Lehrbuch*, p. 674, 675 et 707.

de cellule en cellule, devenant *temporairement* glucose pour reparaître bientôt sous forme d'amidon, se redissoudre à l'état de sucre, redevenir amidon et continuer ainsi une série de semblables métamorphoses : là, au contraire, il se transforme d'une manière stable en sucre, comme Famintzin l'a démontré pour le raisin dans ses belles recherches (1), qui concordent d'ailleurs avec les observations plus récentes du professeur Hilger et de Edmond Mach, et aussi en grande partie avec les dernières expériences du docteur Müller (2). Famintzin, en effet, a trouvé que, depuis le moment où le sucre se met à croître rapidement dans les grains, il y a de l'amidon ramassé en quantité considérable dans la moelle et sous l'écorce des pédoncules des grappes et des pédicelles des grains; il a vu ensuite que cet amidon y diminue à mesure que la maturation s'avance, et dans la proportion même où augmente la quantité de sucre dans les grains; qu'enfin l'amidon disparaît en totalité des pédoncules et des pédicelles quand la maturité est parfaite; il devait par conséquent le considérer comme la principale source du sucre contenu dans le raisin mûr. Il est même probable que cet amidon ou les autres hydrocarbures qui en dérivent, sont, moyennant des oxydations successives, l'origine des divers acides organiques : oxalique, succinique, malique, tartrique, etc., qui sont si abondants dans les feuilles de la vigne et dans les raisins mal mûrs, et qui se transforment si facilement les uns dans les autres par oxydation ou par réduction.

Le besoin de lumière est, comme nous l'avons vu, surtout marqué dans la première phase de végétation de la vigne, ou la période que nous appellerons de rapide croissance, alors que la plante est sur le point de former ses nouveaux organes, qu'elle allonge rapidement ses branches et se couvre de feuilles, de fleurs et de fruits. Plus tard, la croissance devient plus lente; le végétal cesse ou à peu près de s'allonger, la plante ne forme plus de nouveaux organes, mais développe et perfectionne les organes déjà formés; les branches nouvelles et leurs bourgeons grossissent, les grappes et les grains augmentent de volume, et les matériaux organiques produits dans cette nouvelle phase d'assimilation plus lente, mais non moins importante, vont se ramasser dans les fruits ou se mettre en réserve

(1) *Annalen*, etc., déjà citées, t. II, p. 242 et suiv.
(2) *Ibidem*, t. IV, p. 117 et suiv. et t. VI, p. 409-432 et 615-617.

dans les branches et les bourgeons destinés à la production de l'année suivante; quand l'activité assimilatrice décroît, alors aussi décroissent les exigences qui se rapportent à l'intensité de la lumière et augmente d'autre part sensiblement le besoin de chaleur.

Mais tandis que pour les plantes annuelles, herbacées ou granifères, le blé par exemple, le progrès de l'assimilation s'arrête quasi à la floraison pour céder le pas à l'élaboration des matériaux déjà assimilés, phénomène d'où dépend la maturation du grain, pour la vigne au contraire, et à divers degrés pour les autres plantes vivaces, l'assimilation se poursuit jusqu'au moment où les sarments de l'année commencent à durcir et se lignifier, et les raisins à devenir jaunes ou noirs. Seulement les limites de cette période d'assimilation pour la vigne ne peuvent pas se déterminer *a priori*, car sa durée plus ou moins grande dépend du climat, du terrain et de la variété du plant. En général cependant on peut admettre que ce progrès végétatif de la vigne commence chez nous aux premiers jours d'avril et se termine au commencement d'août.

Après lui survient immédiatement la période de maturation des branches et des raisins, au moyen de ces réactions chimiques qui consistent principalement en hydratations, oxydations et combustions partielles ou complètes des substances qui ont été déjà précédemment assimilées ou absorbées, ou même chimiquement transformées en grande partie et déposées dans les diverses parties de la plante. A partir de ce moment, tous les matériaux qui doivent concourir à la production de l'année courante et même en partie à la formation des bourgeons de l'année suivante, se trouvent d'ores et déjà recueillis et accumulés dans les organes de la vigne; son grand travail ne consiste plus à en créer de nouveaux, mais à employer son approvisionnement à l'achèvement et au perfectionnement de ses fruits, l'excédant demeurant en réserve dans les bourgeons et dans les bois des sarments destinés à la végétation prochaine. Alors l'action de la lumière reprend sa place conjointement à celle de la chaleur, sans en être désormais éclipsée; la respiration de la plante devient plus manifeste et plus active, et domine sans conteste sur l'autre fonction physiologique dès lors affaiblie ou éteinte; les produits gazeux de la vie végétative se trouvent modifiés radicalement; les feuilles et les fruits n'absorbent plus l'acide carbonique de l'air, mais bien son oxygène; ils n'expirent plus d'oxygène, mais de l'acide carbonique et de l'eau.

En présence de ces nouvelles conditions physiologiques, l'amidon ramassé dans les pédoncules des grappes et les pédicelles des grains se transforme peu à peu en sucre, sous une action probablement analogue à celle de la *diastase*, et va enrichir le suc des grains; l'amidon contenu dans les feuilles émigre vers les sarments et les bourgeons dormants, et s'y met en réserve pour les débuts de la végétation de l'année à venir; les divers acides végétaux s'oxydent en partie pour se transformer quasi entièrement en acide tartrique et se brûlent en partie au point de se résoudre en acide carbonique et en eau; l'acide tartrique produit demeure en grande partie salifié, en se combinant avec des bases minérales (1); finalement le tannin contenu en abondance dans le suc des grains mal mûrs disparaît en grande partie (2), et le reste se concentre à la périphérie du grain, sous la peau et dans l'écorce des pépins (3).

Il y a par conséquent dans la végétation de la vigne deux périodes diverses et deux genres distincts de phénomènes : l'assimilation, qui a lieu dans les feuilles et les autres appendices verts de la plante et qui dépend principalement de l'action de la lumière, étant en rapport de l'intensité et de la durée de l'action lumineuse; d'autre part, la maturation, ou affinement des matériaux recueillis et assimilés dans la première phase : elle s'accomplit dans les grappes et les grains du raisin; pour cela, l'action de la chaleur et celle de la lumière semblent également nécessaires sans qu'on puisse, dans l'état actuel de nos connaissances, déterminer avec certitude leur office spécial ou leur degré d'importance relative. La première période commence lors de l'apparition du premier grain de chlorophylle et se poursuit d'abord avec activité, plus tard avec plus de lenteur, jusqu'au moment où les sarments commencent à se lignifier et le raisin à s'amollir, en devenant jaune ou noir. La deuxième période, qui succède immédiatement à la première, s'étend à toute la

(1) D'après Neubauer, les substances minérales, et particulièrement la potasse, augmentent dans les grains pendant la période de maturation (*Chemische Untersuchungen über das Reifen der Trauben : Annalen der Œnol.* t. V, p. 358). Voir contradictoirement à cette opinion la note (2) de la page 523.

(2) Le tannin contenu dans le raisin semble être une autre source du sucre, parce que, sous l'influence d'agents variés, il se décompose facilement avec absorption d'eau en acide gallique et glucose ; ce dernier à son tour, absorbant de l'eau, se dédouble en sucre de raisin et autres corps pouvant appartenir à divers groupes. (Mayer, *op. cit.*, t. I, p. 136 et 137. V. aussi Sachs : *Lehrbuch*, p. 676).

(3) Famintzin, *loco citato*.

durée de la maturation, elle se ferme quand les feuilles se flétrissent et tombent, et que les grappes et les grains se dessèchent.

Les patientes et laborieuses recherches de physiologistes distingués nous ont rendue manifeste l'action indispensable de la lumière dans la première période de la végétation de la plante, c'est-à-dire dans la période d'assimilation. Mais elles nous laissent dans une profonde obscurité à l'égard de l'influence de cet agent météorique sur la deuxième période, c'est-à-dire celle de la maturation des produits agricoles.

Or, l'assimilation, consistant à produire des matières organiques avec des éléments inorganiques, présuppose nécessairement, dans les cellules qui sont le siége de ce phénomène, la présence constante et l'afflux continu des substances inorganiques nutritives nécessaires, qui sont absorbées par les racines dans le sol ou par les feuilles dans l'atmosphère et qui sont dissoutes dans le liquide protoplasmique, c'est-à-dire le contenu fondamental des cellules (1). Ces deux sortes de matériaux, produits pour une part dans l'intérieur du végétal et provenant pour une autre part du dehors, subissent continuellement dans les cellules de la plante vivante une série de mutations chimiques, ou de décompositions et recompositions (métamorphoses) qui ont pour effet de les rendre aptes à produire l'accroissement du végétal en formant de nouvelles cellules et de nouveaux organes, ou en d'autres termes en formant les feuilles, les fleurs et les fruits. Mais tandis que les changements chimiques qui se succèdent sans relâche durant la période d'assimilation, portent presque exclusivement (2) sur les matériaux nouvellement assimilés et nouvellement introduits dans la plante, pour servir à l'édifier et à l'organiser, augmenter son volume et sa masse, ou en d'autres termes accroître la *quantité* de ses produits; au contraire, après cette période terminée, la plante ayant fini de croître, la flo-

(1) Les substances albumineuses qui composent le protoplasma dérivent des sels d'acide nitrique et d'ammoniaque absorbés par les racines et aussi en partie par les feuilles. Le soufre forme partie intégrante des albuminates. Le fer est indispensable pour la formation de la chlorophylle et le potassium pour son activité assimilatrice. Nobbe a démontré que si la potasse manque il ne se forme pas d'amidon dans les grains de chlorophylle. V. Sachs, *Lehrbuch*, p. 669 et 670. (*Ann. agron.*, t. I[er], pag. 172.)

(2) Je dis *presque exclusivement*, en faisant allusion aux matériaux de réserve accumulés dès l'année précédente dans les organes plus adultes de la plante, matériaux qui sont employés dans les premiers moments de la végétation pour le développement des bourgeons, etc.

raison étant passée, les fruits noués, les graines formées, la production et l'absorption de nouveaux matériaux de construction terminées, les réactions chimiques qui s'accomplissent portent uniquement sur des substances déjà assimilées et déjà en grande partie transformées chimiquement; et elles servent non à accroître, mais à porter à perfection ou à maturation les *derniers produits utilisables* de la plante, c'est-à-dire à assurer la *bonne qualité* des récoltes.

Seulement, la vie de la plante, considérée relativement à la *production utilisable*, ne forme pas l'objet de la botanique, mais bien de l'agronomie.

En effet, pour le botaniste, aussitôt que la plante a développé ses organes, formé ses fleurs, assuré la conservation de l'espèce en donnant des graines fécondes, elle a rempli sa mission; il borne là ses recherches.

Au contraire, les exigences de l'agronome vont bien au delà. Il considère la plante au point de vue de son aptitude à subvenir aux besoins de la vie animale; il en exige des produits utilisables qui sont tantôt les fibres ligneuses, tantôt les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, ou enfin les substances excrétées : résines, baumes, etc.; de plus, il recherche la qualité non moins que l'abondance des récoltes. Dans le lin, le chanvre et les autres textiles, il vise principalement à la longueur, à la finesse et à la ténacité des fibres; dans les grains des céréales, il songe à la teneur en gluten et en amidon; dans les pommes de terre, à l'abondance de la fécule; dans les betteraves, à la richesse en sucre cristallisable; dans la vigne, à la douceur et au parfum de ses fruits.

Pour l'agronome, l'importance de l''assimilation réside principalement en ce qu'elle détermine la mesure ou la quantité de la récolte. Mais il n'attache pas moins d'importance au progrès de la maturation, parce que, une fois l'abondance du produit assurée, il faut qu'il songe à sa qualité ou à son degré de bonté, de finesse et de délicatesse. Là où finissent les investigations du botaniste, celles de l'agronome ne font que commencer.

Aussi les physiologistes se sont-ils préoccupés, par-dessus tout, des mutations chimiques qui ont lieu dans la plante durant la période de la croissance; et comme ils ont reconnu que le mouvement du protoplasma est absolument indépendant de la lumière (1),

(1) Mayer, *Op. cit.*, p. 98.

comme ils ont vu l'allongement du végétal, la floraison, la fructification, et peut-être même la maturation des fruits et des graines se produire même à l'ombre et dans l'obscurité, pourvu qu'il ne manque pas dans ce végétal la quantité voulue de matière organique assimilée sous l'action de la lumière (1), on ne saurait s'étonner qu'ils aient posé en principe général : que l'assimilation ne peut avoir lieu hors de l'influence de la lumière, mais qu'au contraire la métamorphose se produit *également* même à l'obscurité (2).

Seulement cette proposition, vraie et indubitable pour la plante considérée d'une manière abstraite, c'est-à-dire au point de vue botanique, n'est plus valable si on la considère au point de vue de la production agricole. En effet, on ne saurait douter qu'un végétal fourni de réserves suffisantes de substances organiques assimilées, et auquel on administre en même temps les aliments inorganiques corrélatifs, ne puisse croître, fleurir et même, si on le veut, fructifier et mûrir sa graine, encore bien qu'il soit soustrait en partie ou pour un temps plus ou moins long à l'action de la lumière, à condition que les matériaux de la première série ne viennent pas à lui manquer. Mais les métamorphoses des matières organiques et inorganiques qui auront lieu dans la plante à l'obscurité seront-elles identiques à celles qui se seraient produites à la lumière, c'est-à-dire seront-elles capables de porter les produits à ce degré de perfection et de maturité, ou de bonté et de délicatesse qui est requis pour qu'ils soient d'une utilisation avantageuse en tant qu'objets de consommation, ou d'industrie, ou de commerce? Personne, je pense, n'oserait répondre affirmativement à cette question.

En fait, dans le plus grand nombre des cas, la maturité botanique ne coïncide pas avec la maturité agricole (3). Au botaniste, il importe peu que le raisin soit plus ou moins acerbe, que les substances sucrées soient abondantes ou rares dans le moût, qu'il y ait excès ou défaut dans les acides, les principes astringents, la matière colorante, etc., etc. Le raisin est mûr pour lui dès que le pépin est

(1) Sachs, *Handbuch*, p. 2, 17, 19, 33 et 38.

(2) Sachs, *Lehrbuch*, p. 674 et 675.

(3) Senebier a pu faire germer des pois encore laiteux en les mettant immédiatement en terre. Le blé aussi est propre à germer dès que le suc laiteux qui remplit la cavité du grain a perdu sa fluidité, c'est-à-dire alors que son périsperme est encore à l'état pâteux, conséquemment avant d'avoir absorbé les derniers sucs qui se trouvent dans le chaume, l'épi et les glumes, et qui sont destinés à le remplir complétement, en augmentant sa valeur agricole et commerciale (Gasparin, *Cours d'Agriculture*, t. III, p. 152

apte à germer, c'est-à-dire à reproduire la plante (1). Pour l'agronome au contraire, pour le viticulteur et pour l'œnologue, le raisin ne peut être appelé mûr avant que les éléments constitutifs du suc ne soient arrivés à ces justes proportions d'équilibre et à ce degré de perfection qu'on veut y trouver au moment de la vendange, pour qu'ils puissent se convertir par la fermentation en une boisson hygiénique, stimulante, nourrissante et agréable au goût, conséquemment en un produit qu'on peut utiliser avantageusement comme objet de consommation ou comme denrée de vente facile et lucrative.

Dès lors, qu'y a-t-il d'étonnant à ce que les physiologistes, étrangers à toutes ces considérations économiques et agricoles, mais nullement botaniques, ne se soient pas donné la peine de rechercher quelles influences extérieures pouvaient amener, dans les diverses années, la prédominance de certains éléments plutôt que de certains

et 614). « Ce n'est pas toujours, ajoute encore Gasparin, la maturité du fruit qui détermine le moment de la récolte. D'ailleurs qu'entend-on par maturité? Est-ce l'état où la semence peut germer et reproduire un végétal semblable? Nullement. Le pépin de la poire d'hiver est mûr bien avant que le parenchyme soit assez sucré pour que le fruit soit propre à la consommation. Et la maturité des fourrages? Ce n'est pas celle de la graine, mais un état de la tige dont l'appréciation est bien variable. La récolte des tubercules farineux ne précède-t-elle pas souvent la floraison elle-même de la plante? Autant de produits, autant de principes pour déterminer leur maturité agricole, si différente de leur maturité botanique. » (*Op. cit.*, t. III, p. 565.)

(1) « La pulpe des fruits, dit Gmelin, sa composition, les changements chimiques qui y surviennent depuis le moment où le fruit est noué jusqu'à sa maturité, ont été fréquemment l'objet d'analyses chimiques. Mais ces changements méritent peut-être à un moindre degré notre attention que les autres réactions chimiques qui ont lieu dans les diverses parties de la plante; ces changements en effet ne pourraient avoir un intérêt physiologique que si l'on parvenait à démontrer que la pulpe des fruits continue à exercer de l'influence sur la graine qu'elle contient, jusqu'à la maturité de cette dernière. Mais s'il n'en était pas ainsi, et tout porte à le faire supposer, alors les substances qui composent la chair des fruits ne pourraient être considérées que comme des *rebuts*, des *excréments*, dont la plante se débarrasse dans l'acte de formation de la graine, de la même manière qu'elle s'est débarrassée peut-être de matières semblables par les pétales à l'époque de la floraison. Tous ces involucres des graines se flétrissent dès que la graine devient mûre, sans qu'il en résulte aucun préjudice ni pour la plante ni pour la graine. Ils ne peuvent donc avoir pour destination tout au plus que de servir d'engrais au terrain sur lequel ils tombent et se décomposent à proximité immédiate de la graine; leur richesse en sels de potasse les rendrait bien appropriés à ce rôle... La vie propre des fruits, considérés comme des organes de la plante, ne dure que jusqu'au moment de la maturation; dès qu'ils commencent à absorber de l'oxygène et à émettre de l'acide carbonique, ils vont au-devant de la dissolution et de la destruction, par une suite de phénomènes purement chimiques. » *Chimie phytologique et zoologique*, 1858 p. 153.

autres dans le suc des raisins, au moment de la maturité présumée, question qui, au contraire, intéresse à un si haut degré la viticulture et l'œnologie?

L'influence des agents météoriques, et particulièrement de la lumière, sur la maturation des produits agricoles, celle des fruits et des raisins spécialement, est donc un champ encore vierge, qui promet une riche moisson de découvertes utiles et intéressantes à celui qui en entreprendra la culture avec amour et persévérance, muni d'ailleurs de connaissances théoriques et pratiques suffisantes et d'instruments appropriés.

En effet, supposé qu'il y ait dans le sol et dans l'atmosphère les matériaux nécessaires nutritifs et assimilables, supposé que le travail d'assimilation ait pu s'accomplir dans des conditions pleinement favorables, il n'est pas possible de rendre raison des différences qui se présentent d'une année à l'autre entre les proportions des divers éléments constituant le suc du raisin, sans supposer que ces différences soient dépendantes des anomalies de la saison écoulée durant la période de maturation, c'est-à-dire soient dues à l'activité variable des divers agents extérieurs, dont l'influence est prépondérante sur tous les phénomènes de la végétation.

Mais entre les trois principaux éléments météoriques : eau, chaleur et lumière, il est hors de doute que les deux premiers sont incapables de causer les variations dans les proportions de sucre et d'acide que présentent d'une année à l'autre les raisins de la même vigne et du même plant. L'eau en est incapable, car son abondance ou sa rareté durant la période de maturation n'auraient d'autre effet que de diluer ou de concentrer d'une manière égale dans le suc des raisins les autres matériaux qui s'y trouvent, spécialement le sucre et les acides : ils demeureraient donc dans des proportions constantes.

La chaleur en est incapable, parce que si l'on attribuait à cet important facteur la même influence sur la diminution des acides que celle qu'elle a indubitablement sur la production du sucre (1), le rapport inverse existant entre ces deux produits organiques devrait toujours persister, que la maturation se produisit sous l'influence d'une haute ou d'une basse température.

(1) On sait que la production de sucre dans les végétaux est bien plus faible au nord qu'au midi. V. Marié-Davy, *Météorologie et physique végétale.* (*Journal d'agric. pratique*, 1876, t. II, p. 249.)

Il ne reste donc que la lumière seule qui puisse nous donner l'explication de ce fait important et mystérieux, en nous permettant de supposer que, de même qu'agit la chaleur pour augmenter le sucre, de même pourrait agir la lumière de son côté pour diminuer et même détruire en partie les acides.

Les faits d'ailleurs confirmeraient cette supposition.

Un printemps *lumineux*, s'il est suffisamment chaud et sec, assure l'*abondance des produits de l'année courante;* un été *chaud*, et en même temps suffisamment lumineux, prépare des sarments et des bourgeons robustes pour *la luxuriante végétation de l'année suivante*. Mais la *qualité des fruits pendants* dépend principalement de l'action *égale et combinée* de la *chaleur* et de la *lumière* durant le travail de la maturation des raisins; de sorte qu'à la température élevée de cette période correspondra une augmentation sensible dans la proportion du sucre, et qu'à la sécheresse et à l'éclat lumineux de la même période répondra une rapide diminution de l'acidité.

En fait, nous voyons les années d'abondance succéder d'ordinaire aux printemps secs et lumineux, et les raisins devenir sucrés dans les automnes qui sont chauds bien qu'humides et nuageux; mais nous n'obtenons jamais de raisins parfaitement mûrs, ni de vins véritablement exquis et *harmonisés*, c'est-à-dire où l'acidité soit réduite en raison de l'augmentation du sucre et les autres éléments parfaitement équilibrés, si ce n'est dans les années heureuses où le travail de la maturation des raisins s'accomplit par une température élevée en même temps que par un ciel serein, une atmosphère limpide et transparente permettant aux rayons solaires d'irradier la vigne pendant la durée la plus grande possible, et avec le maximum de leur intensité.

Seulement, pour établir avec certitude les rapports de la lumière avec la maturation des produits agricoles, il faudrait avoir un moyen d'en déterminer l'intensité, c'est-à-dire de mesurer la quantité de force vive qui peut s'accumuler dans le sol et dans la plante, à chaque instant de la période de végétation, par l'effet de la radiation solaire directe.

Voyons quels sont les moyens que nous offre la science pour atteindre à ce but.

III. L'actinomètre.

Depuis plus d'un siècle et demi les physiciens et les astronomes, après avoir réussi à déterminer la *vitesse* de la lumière, se mettent l'esprit à la torture pour trouver le moyen d'en mesurer encore l'*intensité*, c'est-à-dire de mesurer *la quantité absolue de lumière* qui se répand sur l'unité de surface du corps illuminé (1).

Je ne m'arrêterai point à décrire les diverses méthodes et les divers instruments qui ont été proposés et employés dans ce but depuis le commencement du dernier siècle; les imperfections en sont telles que sir John Herschel a pu dire que la *mesure de la lumière était encore dans l'enfance*. Je me bornerai à répéter avec Arago, *qu'il n'existe pas encore de photomètre digne de ce nom, c'est-à-dire d'instrument capable de donner l'intensité d'une lumière isolée; que tout ce qu'on a pu faire jusqu'ici consiste à comparer entre elles deux lumières mises en présence; que cette comparaison même n'est pas à l'abri de toute objection, excepté quand elles sont amenées à être égales, par une diminution graduelle de la plus intense* (2).

Indépendamment des imperfections accusées par Herschel et par Arago, il faut remarquer que la plupart des appareils photométriques conviennent plutôt à la comparaison de deux ou plusieurs lumières qu'à la mesure des variations d'intensité d'une lumière unique : ils peuvent donc bien servir au physicien pour déterminer la

(1) Rumford, et après lui Wollaston, comparaient l'intensité de deux corps lumineux au moyen des ombres qu'ils produisent. Leslie déterminait l'intensité de cet agent météorique par l'excès d'échauffement d'une boule noircie en regard d'une boule dorée dans une sorte de thermoscope de son invention. Masson, avec son photomètre électrique, a trouvé le moyen de mesurer la force de la lumière instantanée, en comparant ses effets à ceux d'une lumière fixe quelconque, dans leur action sur les secteurs blancs et noirs d'un disque de carton qu'il faisait tourner avec une grande vitesse autour de son axe. Becquerel mesurait l'action lumineuse au moyen des *papiers sensibles*, ou papiers enduits d'une légère couche de nitrate d'argent, que la lumière attaque et noircit. Finalement, et pour passer sous silence tant d'autres inventeurs, Arago avait trouvé, avec son appareil à *anneaux colorés* et avec son *cyanomètre*, deux méthodes photométriques qui permettaient de comparer les intensités de deux corps lumineux, en partant de ce fait que deux faisceaux de lumière ayant des couleurs complémentaires donnent une lumière blanche quand ils ont la même intensité et qu'on vient à les superposer.

(2) Lettre à Humboldt. *Cosmos*, t. III, note 76, p. 134.

puissance différente de deux sources lumineuses, ou à l'astronome pour évaluer la grandeur et la distance des astres, mais ils ne sont d'aucun secours à l'agronome, à qui il faudrait, bien plutôt qu'un photomètre mesureur mathématique de la lumière, un terme de comparaison précis pour les intensités avec lesquelles la radiation solaire frappe les plantes dans divers temps (années, mois, jours et heures) et dans les divers lieux auxquels s'étendent ses observations.

Comme nous l'avons déjà vu, les physiologistes avaient depuis longtemps reconnu et démontré l'indispensable besoin de lumière qu'ont les plantes pour produire de la matière organique avec les éléments inorganiques de l'atmosphère et du sol, c'est-à-dire pour le travail d'assimilation; mais ils n'ont point recherché quels rapports a la lumière avec les métamorphoses des substances assimilées qui se produisent dans la période suivante, c'est-à-dire la période de maturation; ils n'ont pas même essayé de mesurer l'intensité de cet agent météorique, qui a une si grande part dans la vie végétative.

A la météorologie appliquée à l'étude de la physique végétale, était réservé entièrement l'important office de démontrer que les données thermométriques étaient insuffisantes pour expliquer une grande partie des phénomènes qui se manifestent à chaque instant dans la vie des plantes, spécialement durant la période de maturation; et d'appeler l'attention des savants sur un autre agent météorique, la lumière, dont l'influence sur le travail d'assimilation avait été, à la vérité, mis en évidence par la physiologie végétale, mais dont l'influence sur les autres phénomènes végétatifs complémentaires était restée, jusqu'à des temps récents, ignorée ou mal appréciée tant des physiologistes que des agronomes.

L'illustre comte de Gasparin, qu'on peut appeler à bon droit le fondateur ou au moins le précurseur de la météorologie agricole, avait reconnu parfaitement l'importance de la lumière pour la juste interprétation des faits agricoles.

« Les rayons solaires, dit-il, ne produisent pas seulement de la chaleur, mais ils nous apportent aussi la lumière, et les effets des rayons calorifiques et des rayons lumineux sont bien différents, d'une façon bien prononcée. L'allongement du végétal qui croît à l'ombre ne se fait que par une distension des membranes des cellules, sans qu'il y ait assimilation de carbone et formation de fibre ligneuse; et l'assimilation est d'autant plus grande qu'est plus intense et plus durable la lumière qui frappe la plante. Sans lumière,

il n'y a pas de fructification, et pour que la production des fruits manque, il n'est pas nécessaire que le manque de lumière soit complet; en effet la lumière diffuse seule ne suffit pas pour le plus grand nombre des plantes; celles qui forment l'objet de nos cultures ne mûrissent pas leurs grains sans la lumière directe du soleil, et elles en mûrissent une quantité d'autant plus petite qu'elles en sont privées plus longtemps... Si nous avions, conclut l'éminent agronome, un moyen sûr pour observer les rayons lumineux séparément des rayons calorifiques, beaucoup de problèmes agricoles importants pourraient être facilement résolus (1). »

La même série de faits établissant des relations entre la lumière et la végétation ne pouvait échapper à l'esprit profond et encyclopédique d'Alexandre de Humboldt : dans son *Cosmos*, vraie synthèse de la physique du monde, il s'exprime ainsi à ce sujet :

« Dans l'intérieur du continent asiatique, Tobolsk, Barnaul près de l'Obi, et Irkutsk ont des étés comme ceux de Berlin, de Münster et de Cherbourg en Normandie; mais à ces étés succèdent des hivers où le mois le plus froid atteint une effrayante moyenne de — 18° et — 20° (2), aux endroits même où dans les mois d'été le thermomètre marque des semaines entières 30° et 31°. Aussi est-ce justement que ces *climats continentaux* ont été à cause de cela qualifiés d'*excessifs* par Buffon, ce naturaliste qui fut en même temps si habile mathématicien et physicien; les habitants qui vivent dans des pays à climat excessif semblent tous condamnés, comme dit Dante dans son Purgatoire, a être tourmentés par le chaud et par le froid. Je n'ai vu nulle part, en aucun endroit du globe, pas même aux îles Canaries ni dans l'Espagne, ni dans la France méridionale, de fruits plus exquis, et notamment de raisins plus beaux qu'à Astrakan, près des rives de la mer Caspienne, où, la moyenne annuelle de température étant d'environ 9°, celle de l'été monte à 21°,2 comme à Bordeaux, tandis que l'hiver, là et même aussi plus au sud, à Kislar à l'embouchure du Terek (latitude d'Avignon et de Rimini), le thermomètre descend à — 25° et — 30°.

« L'Irlande, Guernesey et Jersey, la Péninsule de Bretagne, les côtes de la Normandie et du sud de l'Angleterre, contrastent de la façon la plus remarquable par la douceur de leurs hivers, et leurs

(1) *Cours d'agriculture*, t. II, p. 96, 99 et 100.

(2) Toutes les données thermométriques indiquées par Humboldt se rapportent au hermomètre Celsius ou centigrade.

étés frais et nuageux, avec le climat continental de l'Europe orientale. Au nord-est de l'Irlande (54°, 56') sous la même latitude que Kœnigsberg en Prusse, le myrte végète vigoureux comme en Portugal. Le mois d'août qui s'élève à 21° en Hongrie, arrive à peine à 16° à Dublin sous la même ligne isotherme de 9°5; tandis que la moyenne hivernale, qui descend à Bude à — 2°4, monte à Dublin à 4°3 malgré le chiffre peu élevé de la moyenne annuelle de 9°5; elle est donc de 2° plus forte qu'à Milan, à Pavie, à Padoue, et dans toute la Lombardie, où la moyenne annuelle ne dépasse pas 12°,7. Dans les îles Orcades, qui ne sont pas même d'un degré plus au sud que Stockholm, la température hivernale est de 4°, plus forte par conséquent que celle de Paris, et à peu près égale à celle de Londres. Même dans les îles de Féroë, à une latitude de 62°, les eaux situées dans l'intérieur des terres ne gèlent jamais, grâce à l'influence bienfaisante des vents d'ouest et de la mer. Le long des côtes hospitalières du Devonshire, où se trouve le port de Salcombe, qui a mérité d'être appelé le Montpellier du nord à cause de la douceur de son climat, on a vu fleurir à l'air libre l'*Agave mexicana*, et fructifier les orangers cultivés en espaliers et à peine protégés par des nattes. Là, comme à Penzance, à Gosport et à Cherbourg sur les côtes de la Normandie, la température moyenne de l'hiver s'élève au-dessus de 5°5, elle n'est donc que de 1°3 plus faible que celle des hivers de Montpellier et de Florence. Ces comparaisons démontrent combien est importante la diversité de répartition de la chaleur entre les différentes saisons de l'année, pour une même température moyenne annuelle, tant au point de vue de la végétation, de la culture des champs et des arbres fruitiers, qu'à l'égard du bien être ressenti par nous-même comme conséquence de ces conditions.

« Les lignes que j'appelle *isochimènes* et *isothères* (lignes d'égale température pour l'hiver et l'été) ne sont point parallèles aux lignes *isothermes* (lignes d'égale température annuelle). Dans ces pays où pourtant les myrtes croissent à l'état sauvage, et où il ne neige pas tous les hivers, la température de l'été et de l'automne suffit à peine pour amener les pommes à pleine maturité. Si pour donner un vin potable, la vigne fuit les îles et presque toutes les côtes, même celles d'occident, la cause n'en est pas seulement dans la moindre chaleur de l'été sur le littoral, circonstance que manifestent nos thermomètres exposés en plein air à l'ombre; elle réside plutôt dans la différence qu'il y a entre la lumière *directe* et la

lumière *diffuse*, entre un ciel serein et un ciel voilé de nuages, différence qui est encore mal appréciée, bien que son efficacité soit prouvée par d'autres phénomènes, comme par exemple, l'inflammation d'un mélange de chlore et d'hydrogène. »

En terminant cette page remarquable, Humboldt ajoute : « J'ai essayé depuis longtemps d'appeler l'attention des physiciens et des physiologistes sur une telle différence, en d'autres termes sur la chaleur, non mesurée jusqu'ici, que développe localement la lumière directe dans la cellule vivante de la plante (1). »

Depuis Réaumur, qui a deviné la corrélation existant entre l'époque de maturité des produits agricoles et la chaleur dont ils avaient pu jouir pendant la période de leur végétation, jusqu'à Boussingault, qui s'est occupé avec tant de zèle et de talent de cet intéressant problème, les agronomes, habitués à considérer le calorique comme l'agent principal de la végétation, croyaient que chaque plante avait besoin d'une somme déterminée de degrés thermométriques pour arriver à son complet développement, et que, pour mesurer cette quantité de chaleur, il suffisait d'additionner simplement les températures moyennes des jours écoulés entre le réveil de la vie végétative et la parfaite maturité. Gasparin, l'agronome le plus éminent de ce siècle, fut le premier à s'apercevoir que le problème dont il s'agit était très-complexe, que les moyennes journalières observées à l'ombre ne correspondaient pas exactement à la quantité de chaleur dont chaque végétal a besoin depuis sa germination à sa maturité, que cette quantité variait sensiblement avec la latitude et l'altitude, que la lumière directe et l'insolation directe exerçaient une influence bien autrement grande que la lumière et la chaleur diffuses, sur la durée de la vie végétative et de ses phases diverses, et que pour se rendre un compte exact des conditions de maturation des plantes cultivées, il fallait trouver un moyen de mesurer l'intensité de la lumière solaire

Dans les premières tentatives qu'il fit pour donner corps à ces aspirations, l'illustre agronome d'Orange, après avoir confessé notre ignorance des lois qui règlent les rapports de la lumière avec la chaleur, admit provisoirement comme exacte leur proportionnalité et se servit du thermomètre exposé au soleil, pour déterminer la quantité de lumière transmise (2).

(1) *Cosmos*, t. I, p. 347 à 349.
(2) *Op. cit.*, t. II, p. 103.

Plus tard, le même auteur, reconnaissant l'imperfection de sa première méthode, y substituait un thermomètre, enfermé dans un ballon plein d'air, dont le diamètre était d'un décimètre et la paroi en cuivre très-mince revêtu de noir de fumée; l'adhérence du noir était assurée par un enduit d'huile siccative appliqué sur le ballon (1).

Avec cet instrument, Gasparin, tenant compte de l'épaisseur de la couche d'air traversée par les rayons solaires suivant leur inclinaison variée, ainsi que de l'état plus ou moins diaphane de l'atmosphère, au lieu et au moment de l'observation, comparait entre elles les diverses observations faites en divers pays et à diverses époques avec sa boule de cuivre noircie; mais son appareil mesurait, non pas tant l'intensité de la lumière ou radiation solaire seule, que la quantité de chaleur *totale* (directe et diffuse, lumineuse et obscure) qui pouvait s'accumuler dans le corps opaque qui constituait l'enveloppe de son thermomètre.

L'instrument employé en Angleterre pour déterminer l'intensité de la radiation solaire passe pour être de l'invention de sir John Herschel : il consiste en un thermomètre dont la boule sphérique est couverte de noir de fumée, ainsi qu'une partie de la tige avoisinant la boule (sur une longueur d'environ 25 millimètres); cet instrument est renfermé dans un récipient plus vaste, en verre, et de même forme, où on a fait le vide. L'involucre qui entoure et isole le thermomètre sert à éloigner les effets des influences purement locales, comme l'humidité, le mouvement de l'air, etc.; mais sa principale fonction est d'empêcher la déperdition de calorique, qui serait très-considérable si le thermomètre se trouvait exposé à l'air sans défense, surtout quand l'air est plus ou moins agité; il sert encore à empêcher, en grande partie, l'irradiation de chaleur obscure de la part des corps environnants, le verre étant aussi *athermane* pour cette chaleur qu'il est *diathermane* pour les radiations lumineuses de soleil; on élimine ainsi le principal inconvénient que présentent les thermomètres exposés à l'air libre sans abri, savoir, celui de fournir des données non comparables, par suite de l'impossibilité d'amener à une égalité parfaite les conditions où ils se trouvent par rapport aux corps environnants (2). La mesure de la radiation solaire, avec cet instrument, est donnée par les

(1) *Op. cit.*, t. VI, appendice n° 16, p. 429 et suiv.

(2) *Zeitschrift der œsterreichischen Gesellschaft für Meteorologie*, t. VIII, p. 377.

différences en plus que présentent ses indications avec celles d'un thermomètre ordinaire, exposé à l'air, mais dans un lieu constamment à l'ombre. Seulement, les deux thermomètres ne sont pas dans des conditions identiques, ni pour l'ambiant où ils se trouvent placés, l'un étant à l'ombre, l'autre au soleil, ni pour les influences extérieures qui résultent de l'agitation de l'air, de l'humidité, du rayonnement des corps voisins, etc., puisque l'un en est préservé par l'enveloppe de verre, tandis que l'autre y est exposé sans défense; il est donc clair que leur différence ne peut pas dépendre uniquement de l'insolation directe, mais encore de différentes causes étrangères, et par suite qu'elle ne peut mesurer exactement la radiation solaire.

Parmi les divers instruments trouvés après la mort d'Arago dans ses collections à l'observatoire de Paris, figuraient les restes d'un appareil portant le nom de Banten et la date de 1844 : il était composé de deux thermomètres parfaitement égaux, l'un à boule noircie, l'autre à boule de verre incolore; chacun d'eux était renfermé dans un cylindre plus grand en verre, qui se renflait en boule vis à vis la boule du thermomètre, et lui servait ainsi d'enveloppe. On ignore si Arago s'en est jamais servi; on ignore, de même, qui en est l'inventeur. Le fait est que M. Marié-Davy tira cet instrument du coin où il gisait dans l'oubli, et après l'avoir reconstitué, le baptisa du nom d'*actinomètre* (mesureur des rayons solaires), et s'en servit constamment après qu'il eut passé à la direction de l'observatoire de Montsouris, c'est-à-dire depuis 1873, pour mesurer l'intensité de la radiation solaire dans ses rapports avec la végétation.

L'actinomètre Arago-Davy (1), se compose de deux thermomètres à mercure à tube très-fin, dont les réservoirs sont sphériques et de dimensions égales, l'un incolore, l'autre noirci de noir de fumée; dans l'espace vide qui surmonte le mercure, on a mis une petite quantité d'hydrogène ou d'un gaz inerte (2). Chaque thermomètre est enfermé dans un tube ou cylindre de cristal plus grand, vidé d'air aussi parfaitement que possible, et terminé par un renflement sphérique au centre duquel est

(1) C'est le nom qu'on a cru devoir lui donner, en l'honneur des deux savants à qui on en doit la connaissance.

(2) La petite quantité de gaz laissée dans le tube de ces thermomètres n'a d'autre but que de permettre de les employer le réservoir tourné en haut vers le ciel, sans que le mercure tombe dans le tube par la seule force de la pesanteur.

placé le centre du réservoir du thermomètre; l'immobilité du thermomètre dans son involucre est assurée, d'un côté, à l'extrémité supérieure du tube, par une soudure à la flamme, et du côté opposé vers le réservoir, par une paire d'anneaux de liége introduits à frottement entre le tube intérieur et le cylindre extérieur. Ces thermomètres avec leurs enveloppes respectives de cristal sont fixés, au moyen de doubles pinces à vis, les réservoirs regardant le ciel, parallèlement à deux tiges métalliques disposées en forme de V, et tournées l'une vers le levant et l'autre vers le couchant; ces tiges font entre elles un angle de 60°, c'est à dire de 30° avec la verticale, et sont assujetties sur un support de bois ou de fer, haut de 1^{m}20 à 1^{m}30 au-dessus de la terre, lequel est planté solidement dans le sol, en un lieu découvert et éloigné des habitations, des plantes, et de tout autre obstacle capable d'intercepter l'irradiation directe du soleil. Les deux thermomètres, dont les enveloppes sont exposées l'une près de l'autre, ont nécessairement la même température et marquent le même degré tant qu'ils se trouvent dans une profonde obscurité; mais à peine le jour commence-t-il à poindre, et la nuit même, s'il fait clair de lune, le thermomètre à boule noircie marque toujours une température plus élevée que le thermomètre à boule incolore. La différence des températures des deux thermomètres donne le *degré actinométrique* du moment de l'observation, c'est à dire sert à mesurer l'intensité avec laquelle la lumière ou radiation solaire frappe les thermomètres et est absorbée par la boule noircie; par suite aussi, tout au moins approximativement, celle avec laquelle elle frappe le sol et les plantes environnantes, de façon à pouvoir s'y accumuler.

Les principes sur lesquels est fondé l'actinomètre sont faciles à comprendre (1).

Les rayons élémentaires dans lesquels se décompose tout rayon de lumière, en passant à travers un prisme de verre ou de cristal, offrent à divers degré la propriété d'éclairer, d'échauffer et de produire des effets chimiques; cependant, tout rayon de lumière solaire qui tombe sur une surface noircie de fumée (grâce à la propriété singulière qu'a ce corps de ne pas laisser passer ni se réfléchir la lumière et la chaleur, mais de les absorber entièrement, comme l'a

(1) Je crois inutile de répéter ici les avantages qu'offre l'enveloppe de cristal, comme moyen d'isoler les thermomètres destinés à mesurer l'irradiation solaire, ayant déjà mentionné ce fait à propos de l'actinomètre anglais.

reconnu le grand physicien Melloni) s'y transforme totalement en chaleur thermométrique, c'est-à-dire sert intégralement à élever la température du corps noirci (1). Par conséquent le thermomètre noir placé dans le vide absorbe les rayons solaires qui pénètrent jusqu'à lui à travers l'enveloppe de cristal qui l'entoure, et s'échauffe en élevant sa propre température jusqu'au point où la chaleur qu'il perd par rayonnement égale la quantité de chaleur que lui envoient les rayons solaires. Mais cette température du thermomètre noirci ne suffirait pas à elle seule à donner la mesure de la radiation solaire, parce que les degrés qu'il marque dépendent non-seulement des rayons directs qu'il reçoit du soleil, mais aussi de la température des parois du cylindre de cristal qui lui sert d'enveloppe et reçoit son rayonnement; ces degrés comprennent donc, tant la chaleur que l'insolation directe y accumule, que la chaleur correspondante à ce qu'il perd par rayonnement. Mais le rayonnement à travers le vide est, d'après la loi de Newton, proportionnel à l'excès de la température du corps qui se refroidit sur celle de l'enceinte où s'accomplit le refroidissement (2); il en résulte que la différence entre la température du thermomètre noirci et celle de l'enveloppe de cristal qui lui sert d'enceinte, représente la somme des rayons solaires véritablement absorbés par le thermomètre noirci, ou la chaleur thermométrique qu'ils y ont effectivement accumulée. De là la nécessité d'un second thermomètre à réservoir incolore, mais de dimensions parfaitement égales à celles du premier, et placé dans des conditions identiques; son unique fonction consiste à faire connaître la température (nécessairement égale) des cylindres de cristal qui servent d'enveloppes aux deux thermomètres, et par conséquent aussi celle de l'enceinte isolatrice du thermomètre noirci, et c'est, comme je l'ai dit, l'excès de la température de ce thermomètre sur celle de cette même enceinte qui mesure la somme des rayons solaires absorbés par lui.

Et c'est justement en cela que consiste la supériorité de l'actinomètre de Montsouris sur l'actinomètre anglais, ce dernier mesu-

(1) John Tyndall : *La lumière*; trad. allemande de Wiedemann; Brunswick, 1876, p. 186 et 187. — Marié-Davy, *Météor. et physiq. agr.* (*Journal d'agr. pratique*, 1876, t. I, p. 393.)

(2) D'après les expériences de Dulong et Petit, cette loi ne serait pas mathématiquement exacte, mais dans notre cas on peut sans inconvénient se départir de tant de rigueur.

rant la radiation solaire par la différence des températures d'un thermomètre noirci et enfermé dans le vide, et d'un thermomètre incolore exposé à l'air et à l'ombre, c'est-à-dire, placé dans des conditions tout à fait différentes du premier, sans qu'on tienne compte de la température de l'enveloppe de cristal qui sert d'enceinte à celui-ci et en reçoit le rayonnement.

Pour les besoins de la pratique, il est également préférable à l'actinomètre de Pouillet (pyrhéliomètre) et à celui du P. Secchi, qui sont tous deux plus compliqués, et capables seulement de mesurer l'irradiation directe du soleil, sans indiquer le moins du monde le degré d'illumination du ciel, au lieu que l'actinomètre de Montsouris se montre très-sensible à cette dernière action dont l'influence sur la végétation n'est certainement pas à négliger (1).

Comme nous le voyons, l'actinomètre Arago-Davy mesure la quantité de lumière, ou en d'autres termes de rayonnement solaire qui parvient jusqu'à nous, en traversant l'atmosphère plus ou moins chargée de vapeur au lieu et au moment de l'observation. En répétant les observations actinométriques chaque jour, à des heures déterminées, et en calculant les moyennes journalières, mensuelles et annuelles, nous aurons par conséquent, non-seulement un sûr critérium pour déterminer la quantité absolue des rayons solaires qui parviennent sur la terre à chaque instant et dans chaque phase de la vie des plantes, et pour en déduire la relation de la lumière avec les phénomènes de la végétation; mais nous aurons en outre un terme de comparaison entres les diverses saisons et les diverses années auxquelles s'étendent les observations. Afin de rendre ensuite ces données comparables d'un lieu à un autre lieu, et en déduire la connaissance si importante des climats agricoles, l'illustre directeur de Montsouris a supposé une moyenne constante solaire de 100° aux limites de l'atmosphère, avec une insolation permanente et journalière de 12 heures; puis il a calculé pour les latitudes comprises entre 42° et 51°, pour tous les jours de l'année, et pour 6 h. et 9 h. du matin, midi, 3 h. et 6 h. du soir, les degrés actinométriques absolus, ou la quantité de lumière

(1) La pile thermo-électrique de Melloni, qui mesure avec une grande précision le rayonnement diurne et nocturne et peut aussi servir à déterminer la quantité de vapeur contenue dans toute l'épaisseur de la couche atmosphérique correspondante, est un instrument trop compliqué et trop délicat pour pouvoir servir aux besoins de la pratique et doit être réservé aux observatoires scientifiques.

qui arriverait jusqu'à nous en tenant compte de la longueur réelle des jours, y compris les crépuscules, de l'obliquité plus ou moins grande des rayons solaires, et du pouvoir absorbant de l'atmosphère supposée d'une transparence normale, abstraction faite de cette fraction de son pouvoir absorbant qui dépend de son degré de pureté, c'est-à-dire de la quantité de vapeur d'eau et des autres substances qu'elle tient en suspension. Finalement, pour rendre comparables entre elles les observations faites avec les divers actinomètres du même système construits à Paris pour les différentes stations météorologiques, M. Marié-Davy s'est offert à les confronter gratuitement avec celui de l'observatoire de Montsouris, et à les rendre aux fabricants avec le certificat de cette confrontation, en indiquant pour chaque instrument séparé le coefficient par lequel on devra multiplier les différences des deux thermomètres, pour rendre les données correspondantes à la constante solaire commune de 100°.

L'actinomètre Arago-Davy est d'une construction très-simple; sa lecture est facile, et en rapportant ses indications à la constante solaire qu'on a supposées, au moyen du coefficient dont on vient de parler, il offre un degré de précision suffisant pour les besoins de l'agriculture (1). Cet instrument ne devrait manquer dans aucune station agricole, viticole ou œnologique, et il rendrait indubitablement les plus signalés services dans l'étude des faits agricoles.

Effectivement nous connaissons encore très-incomplétement les relations de la lumière avec les phénomènes si variés de la végétation. Nous savons bien que chaque rayon que nous envoie le soleil se décompose en un faisceau de rayons plus élémentaires, visibles et invisibles, qui produisent des sensations et des effets différents : lumière, chaleur, mutations chimiques. Nous savons aussi que les rayons les plus réfrangibles du spectre (le bleu, l'indigo et le violet) sont capables de produire certaines réactions chimiques, telles que la réduction des sels d'argent, la combinaison d'un mélange gazeux du chlore et d'hydrogène (gaz détonant), la volatilisation de l'iode et

(1) Grâce à l'extrême obligeance de l'éminent directeur de Montsouris, un de ces instruments, accompagné de tous les accessoires nécessaires, fonctionne depuis peu de temps dans mes vignes. Un vigneron, simple paysan, mais assez intelligent, est chargé de le lire cinq fois par jour et de noter les observations sur un registre spécial; ce dont il s'acquitte parfaitement. C'est, à ma connaissance, le premier de ces instruments, et je crains que ce ne soit jusqu'ici le seul, qui fonctionne en Italie, et probablement aussi en Autriche.

du brome sur les plaques et les papiers photogéniques; etc.; c'est ce qui les a fait qualifier, quoique improprement, de *rayons chimiques* (1); les rayons lumineux moyennement réfrangibles (le jaune et ceux qui l'avoisinent des deux côtés) sont au contraire ceux qui possédent à un degré éminent la faculté d'accomplir, dans la cellule qui contient de la chlorophylle, le travail chimique de la production de substance organique au moyen d'éléments inorganiques (2). Nous savons également que la chlorophylle, qui absorbe entièrement les rayons les plus réfrangibles du spectre, bien qu'ils ne soient pas appelés à effectuer comme tels aucun travail dans la cellule vivante, est douée à un très-haut degré de la propriété de convertir ces rayons plus réfrangibles en rayons moins réfrangibles (*fluorescence*), c'est-à-dire en rayons lumineux ou calorifiques, et de les faire servir ainsi comme ces derniers au travail d'assimilation (3). Nous savons encore que, quoique le mouvement du protoplasma soit indépendant de la lumière (4), celle-ci n'est pourtant pas sans influence sur le mode de croissance et sur certains mouvements et enroulements des organes verts de la plante (*héliotropisme*), et que sous ce rapport ce sont au contraire les rayons les plus réfrangibles qui se montrent les plus efficaces mécaniquement (5). Enfin nous savons que la lumière exerce une action prépondérante sur l'évaporation, et qu'elle favorise aussi le travail d'oxydation, c'est-à-dire la respiration des plantes (6).

Mais d'autre part nous ignorons totalement les rapports de la lumière avec ces mystérieuses réactions complémentaires desquelles dépendent la bonté et la valeur des produits alimentaires et industriels que nous tirons des plantes cultivées.

Conséquemment nous devons reconnaître la nécessité et l'importance capitale des observations actinométriques pour bien comprendre et interpréter les faits agricoles ; nous devons convenir que sans le secours de ces données, on n'arrivera jamais à expliquer

(1) L'impropriété de la qualification de *rayons chimiques* donnée aux rayons les plus réfrangibles du spectre est démontrée par Sachs (*Lehrbuch*, etc., p. 709 et 710) et par Tyndall (*Op. cit.*, p. 178).

(2) Sachs, *Handbuch*, etc., p. 4 à 13, et *Lehrbuch*, p. 710 et 711.— Voir aussi Mayer, *Op. cit.*, t. I, p. 30 à 44.

(3) Mayer, *Op. cit.*, t I, p. 46.

(4) Mayer, *Op. cit.*, t. I, p. 98.

(5) Sachs, *Handbuch*, etc., p. 40; *Lehrbuch*, etc., p. 804 et suiv.

(6) Mayer, *Op. cit.*, t. I, p. 49 et 50.

ces merveilleuses transformations qui surviennent dans les végétaux pendant la période de maturation, ni à comprendre la cause des différences sensibles qui se présentent d'une année à l'autre dans la qualité des récoltes, ni à répondre en aucune façon à la demande que j'ai formulée au début, savoir : quel est l'agent principal qui détermine la proportion des acides dans les raisins au moment de leur maturité présumée?

IV. — Influence de la lumière sur la diminution des acides dans les raisins pendant leur maturation.

La vigne, dit Marié-Davy, a besoin, plus que le blé, de chaleur pour mûrir ses fruits; si pourtant nous considérons la température de l'été, de juin à septembre, nous trouvons qu'en 1875, *année où le vin a été de qualité médiocre* (1) la vigne a reçu plus de chaleur que dans chacune des deux années précédentes : les chiffres exacts sont 2 220° en 1875, 2 169° en 1874 et 2 146° en 1873. Il en a été autrement pour la lumière; en effet la quantité totale des degrés actinométriques pendant ces quatre mois n'a pas atteint plus de 4 995° en 1875, tandis qu'elle s'était élevée à 5 413° en 1874 et 5 406° en 1873. Ici donc, conclut l'éminent physicien agronome, on ne pourrait mettre en doute l'influence prépondérante de la lumière dans la fructification de la vigne (moi j'ajoute : *pour la qualité des fruits*), malgré la haute température que cette plante exige d'une manière indispensable (2).

Au contraire, M. Edmond Mach, quoique étant œnologue d'un mérite incontesté, ayant borné ses investigations à la seule action de la chaleur, à défaut de données actinométriques, ne réussit pas à expliquer pourquoi *un mauvais temps venu après une pluie prolongée a correspondu*, en 1875, durant l'époque de maturation des raisins, *à une moins énergique diminution des acides*; ni *pourquoi, le sucre augmentant, depuis l'époque de sa formation la plus active jusqu'à la fin de l'époque de végétation, de quantités sensi-*

(1) Il est fâcheux que l'auteur n'explique pas en quoi consiste véritablement la *médiocrité* du vin de 1875; par exemple, s'il manquait d'alcool, ou offrait une surabondance excessive de principes acides ou astringents.

(2) *Météorologie et physique agricoles.* (*Journal d'agric. pratique*, 1875, t. II, p. 735 et 756.)

blement égales pour chaque centaine d'unités de chaleur, une corrélation semblable n'apparaît au contraire nullement pour l'acidité; et, pour interpréter ces faits, il se propose d'observer à l'avenir avec persévérance *les différentes températures des raisins suivant leur distance du sol, et celles du sol de la vigne à différentes profondeurs!* (1).

Quant à moi, je me trouvai dans un grand embarras quand je voulus me rendre compte des différences reconnues dans les proportions de sucre et d'acidité, entre les raisins de 1875 et ceux de 1876 et de 1877; après avoir vainement interrogé toutes les données météorologiques que je possédais sur ces trois années, je dus malgré moi procéder par induction pour en chercher l'explication, et cette explication, j'ai la confiance de l'avoir trouvée, bien que le manque de preuves expérimentales suffisantes ne me permette pas de la présenter comme solution certaine et indubitable du problème proposé, mais plutôt comme une hypothèse en faveur de laquelle militent les plus grandes probabilités et les plus manifestes vraisemblances.

Il resterait maintenant à voir quelles sont les métamorphoses de la matière organique que cette hypothèse laisse présupposer; si rien ne s'oppose à ce qu'elles se réalisent effectivement; si la présence de la lumière peut les favoriser; enfin les analogies sur lesquelles cette hypothèse est fondée.

A mon avis rien ne s'oppose, tout porte au contraire, à ce que l'on regarde la diminution des acides libres durant le cours de la maturation des raisins, comme résultant, non-seulement de leur prétendue saturation par les bases salifiables (2), mais aussi en

(1) *Reifestudien bei Trauben und Früchte. Annalen der Œnologie*, t. VII, p. 409 à 432.)

(2) Neubauer, (*loco citato*). Cependant ses observations ne s'accordent pas pleinement avec celles de Famintzin (*loc. cit.*), qui, en analysant le même volume de moût (10 cc) a trouvé la quantité des cendres et celle des acides combinés avec les bases toujours constante à partir de la fin de juillet, tandis qu'au commencement du même mois il l'avait trouvée double. En outre les résultats de Neubauer sont diamétralement opposés à ceux obtenus par Beyer en examinant la maturation des groseilles, et par Pfeiffer en observant celle des pommes et des poires. En effet le premier a trouvé que les principes minéraux diminuent, bien loin d'augmenter, pendant la maturation, et le second a démontré qu'à aucun moment de la période de maturation n'arrive une saturation des acides par des bases minérales. (*Chemische Untersuchungen über das Reifen des Kernobstes. Annalen der Œnologie*, t. V, p. 277 à 297.) Voir aussi les observations de A. Petit (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*. 1869, p. 760) qui concordent avec celles de Beyer et de Pfeiffer; ainsi que la note du professeur Alphonse Cossa sur la composition du moût de raisin à diverses époques de maturation (*Bollettino dell'Associazione*

grande partie de l'oxydation des acides les plus pauvres en oxygène, et de leur transformation en acides plus oxygénés, comme par exemple, de la conversion de l'acide malique $C^4H^6O^5$ en acide tartrique $C^4H^6O^6$ (1), ou encore d'un degré d'oxydation plus énergique (combustion), par lequel une partie de ces acides se résoudraient en leurs éléments, acide carbonique et eau.

On sait en effet, comme on l'a rappelé dans la première partie de ce mémoire, que la quantité des acides contenus dans les grains de raisin commence à décroître, *et relativement*, *et absolument*, depuis le moment précis où le raisin commence à se ramollir et à perdre la couleur verte foliacée qu'il a d'abord pour prendre peu à peu ces teintes variées qui sont un des caractères de la variété du plant, et non des moins importantes à coup sûr; on sait que cette diminution des acides fait des progrès rapides et quasi incessants jusqu'à la complète maturité des raisins. On sait de même que, du moment où ces changements commencent à se produire dans la pulpe et dans l'épiderme des grains, la période d'assimilation se ferme pour eux, c'est-à-dire que leurs cellules, ayant perdu la chlorophylle disparue ou altérée par oxydation, cessent de réduire l'acide carbonique et l'eau, et d'en éliminer l'oxygène (2); au contraire une activité plus grande apparaît dans la respiration, c'est-à-dire dans l'absorption de l'oxygène de l'air avec émission d'acide carbonique (3) et de vapeur d'eau, phénomènes qui continuent à se manifester dans le raisin même après qu'il est séparé du sarment (4).

agraria friulana, 1875, p. 24 à 26). M. Cossa, en analysant le moût d'une même qualité de raisin (aramon) de 10 en 10 jours, depuis la fin de juillet jusqu'à la fin de septembre, a trouvé que les matières minérales avaient décru lentement du 26 juillet au 1er septembre, augmenté du 1 au 10 septembre, et diminué de nouveau et d'une manière considérable du 10 au 30 septembre, dernier jour de l'observation. En conséquence, la diminution des acides durant la maturation des fruits, par un effet de saturation au moyen de bases salifiables, est une question encore pendante et non résolue.

(1) Voir Neubauer, *La chimica del vino*; version italienne faite par les soins de la station agricole expérimentale d'Udine, dans le *Bollettino dell'Associazione agraria friulana*, 1871, p. 200.

(2) Cette fonction s'opère toujours d'une manière très-incomplète dans les fruits, même quand ils ont une enveloppe verte. (Mayer, *Op. cit.*, t. I, p. 138 et 139.)

(3) Bérard avait écrit dès 1821 : « Tous les fruits, même les fruits encore verts, alors même également qu'ils sont exposés au soleil, absorbent le gaz oxygène et dégagent un volume à peu près égal de gaz acide carbonique. C'est une condition de leur maturation. » Cité par Pasteur, *Études sur la bière*, Paris, 1876, p. 262.

(4) Pasteur, *Communication au Congrès viticole et séricicole de Lyon en* 1872, et Pollacci Egidio, *Sulla maturazione delle uve dopo la loro separazione dalla pianta*, dans la *Rivista di viticoltura italiana*. Conegliano, 1877, n° 20, p. 597 et 603. (*Ann. agron.*, t. III, p. 629.)

Mais ce travail si actif d'absorption d'oxygène et d'émission d'acide carbonique, avec évaporation simultanée d'eau, qui se produit dans les grains de raisin dans la période de maturation, ne peut correspondre qu'à une oxydation énergique ou une combustion plus ou moins lente, plus ou moins complète, d'une partie des substances qui y sont renfermées. Or parmi ces substances, les seules qu'on puisse imaginer comme destinées à subir ces dites transformations et destructions sont en première ligne les acides organiques, et ensuite les autres produits analogues d'importance moindre résultant des oxydations antérieures de la matière organique assimilée; une fois formés, ceux-ci ne semblent plus capables de rentrer, par une suite de mutations, au nombre des matériaux de construction ou de nutrition de la plante, et par suite peuvent être considérés comme des substances excrémentitielles de celle-ci; quant aux premiers produits de l'assimilation (les hydrates de carbone), et aux produits immédiats de leur métamorphose (les sucres, les graisses, etc.) on ne peut supposer qu'ils puissent se résoudre dans leurs éléments et disparaître du cercle de la vie végétative à la maturation des fruits, leur rôle étant, après qu'ils ont servi à la croissance, à la floraison et à la fructification, de concourir à la maturation des produits agricoles, ainsi qu'à la conservation et à la reproduction du végétal, en s'accumulant comme en réserve soit dans le péricarpe pour fertiliser la graine (1), soit dans le périsperme pour la germination de l'embryon, soit enfin dans les organes persistants des plantes vivaces pour la formation des bourgeons de l'année suivante.

La respiration des fruits est donc un phénomène d'oxydation ou de combustion plus ou moins lente, par l'effet duquel les acides libres diminuent ou disparaissent tout à fait du parenchyme (2).

(1) Le docteur Müller, considérant la formation du sucre à un point de vue peut-être trop exclusivement botanique, veut que la vigne accumule cette matière dans les raisins pour allécher les animaux, qui mangent les grains et ensuite mettent en liberté les pépins en les rendant avec leurs excréments, et servent ainsi à la propagation de la plante. (*Bericht über den Congress zu Creuznach. Annalen der Œnologie*, t. VI, p. 615.)

(2) L'augmentation progressive des acides dans les raisins durant la période qui précède celle de maturation résulte de leur immigration des parties vertes de la plante et principalement des feuilles, où ils se forment en grande quantité à titre de produit secondaire de l'assimilation. Tant que ce travail est prédominant, les acides continuent à augmenter sans cesse dans les grains; mais à peine les phénomènes d'oxydation surpassent-ils ceux de réduction, ce qui arrive vers la maturité, les acides diminuent au contraire rapidement.

Que maintenant la lumière serve à faciliter et à accélérer dans les grains ces oxydations ou combustions des acides durant la maturation des raisins, c'est ce que je déduis par analogie des faits suivants.

Il est hors de doute que la lumière favorise l'oxydation d'un grand nombre de substances organiques (1). Sachs range dans cette ordre de faits la décoloration qui arrive sous l'influence de la lumière dans beaucoup de matières colorantes végétales, et entre autres dans la solution de chlorophylle (2). Saussure avait déjà auparavant remarqué que l'absorption d'oxygène par l'huile de lavande ou d'aspic semble plus grande à la lumière qu'à l'obscurité. Niepce de Saint-Victor et Lucien Corvisart affirment que l'acide oxalique, avec le secours d'agents oxydants et d'une haute température, se décompose sous l'action de la lumière.. Jodin veut que la lumière provoque l'oxydation de diverses substances dans les plantes, et, entre autres, des huiles éthérées et du tannin. Schübeler a démontré qu'en augmentant la durée de l'insolation, on voit augmenter dans la plante vivante les substances colorantes des fleurs et les substances odorantes (3). Gasparin remarque que les produits hydrogénés apparaissent de préférence dans les zônes les plus illuminées (4). Marié-Davy, sur l'autorité de Schübeler et de Tisserand, confirme le fait remarqué par Gasparin, en ajoutant que les principes aromatiques des plantes se développent d'une manière notable dans les latitudes élevées, où le ciel est plus pur et la durée d'insolation plus grande (5). Mohl a trouvé que les acides végétaux augmentent pendant la nuit dans les organes verts de la plante (6). Pollacci a pu s'assurer que la maturation des raisins, c'est-à-dire l'augmentation du sucre et la diminution des acides, procèdent de l'extérieur à l'intérieur, commençant à la périphérie du grain immédiatement sous la peau, et s'avançant ensuite graduellement vers le centre, c'est-à-dire vers le pépin, de sorte que la partie la plus proche de ce dernier est aussi la dernière à mûrir (7); il confirme donc implicitement que les parties

(1) Mayer, *Op. cit.*, t. I, p. 49 et 51.

(2) *Handbuch*, etc., p. 13.

(3) Cité par Sachs, *Handbuch*, etc., p. 29 et 30.

(4) *Op. cit.*, t. II, p. 99.

(5) *Météorologie et physique végétales.* (*Journal d'agric. pratique*, 1876, t. II, p. 249 et *Annuaire*, etc., pour l'année 1877, p. 425).

(6) Cité par Mayer, *Op. cit.*, I, p. 138.

(7) *Annali di viticoltura ed enologia italiana.* Milano, 1872, vol. II, p. 225 à 227.

des grains les plus exposées à la lumière mûrissent avant celles qui y sont davantage soustraites. Duclaux fait remarquer que la fermentation alcoolique, quoique produite par le développement d'organismes privés de chlorophylle, est plus lente dans l'obscurité que sous l'action de la lumière (1).

Enfin l'illustre Pasteur, au génie pénétrant duquel nous devons les plus importants progrès accomplis dans ces derniers temps par l'œnologie et la bacologie, a démontré que la lumière, et surtout l'insolation directe, favorisent, accélèrent et complètent d'une manière très-marquée l'oxydation du vin, d'où dépendent son vieillissement, la disparition de ses principes acerbes, et aussi en grande partie les dépôts qu'il laisse dans les tonneaux et les bouteilles (2), tandis que dans l'obscurité les substances oxydables du vin se combinent très-lentement avec le gaz oxygène (3). Il a prouvé en outre, par des expériences répétées, que par l'effet de cette oxydation, *une partie des acides du vin disparaît et y demeure comme brûlée* (4). Eu égard à ces faits et à beaucoup d'exemples analogues (5), que j'omets pour plus de brièveté; eu égard surtout aux intéressantes expériences de Pasteur relativement à l'influence de la lumière sur les divers matériaux composant le vin et sur la combustion d'une partie de ses acides, on serait autorisé à croire par analogie que le phénomène lui-même de l'oxydation, ou la combustion plus ou moins complète d'une partie des acides libres,

(1) *Des fermentations*. Paris, 1877, p. 50.

(2) Études sur le vin : Paris, 1866, p. 113, 117, 118, 121 et 122. Deux tubes à demi remplis de vin, puis fermés hermétiquement et exposés à la seule lumière diffuse un peu obscure, contenaient encore au bout d'un mois, dans leur air, 17,9 et 17,6 pour 100 d'oxygène libre; tandis que deux autres tubes parfaitement semblables aux premiers, mais exposés au soleil, n'en contenaient plus, au bout du même temps, que 12,7 et 12.4 pour 100; et dans une autre expérience semblable, commencée le 1er juin 1865 et achevée le 9 janvier 1866, il n'existait plus aucune trace d'oxygène libre dans les tubes exposés en pleine lumière et au soleil, tandis que dans les tubes conservés à une obscurité complète il en restait encore 12,4 pour 100. *Op. cit.*, p. 122 et 123.

(3) *Op cit.*, p. 123.

(4) « J'ai reconnu par des épreuves répétées plusieurs fois, qu'*une partie des acides était comme brûlée*. Ainsi le vin d'Arbois n° 5, exposé à la lumière avec son volume d'air, a *perdu du mois de juin au mois de novembre* 12 *pour* 100 *de son acidité totale*. » *Op. cit.*, p. 124.

(5) Pollacci a trouvé que, même dans le raisin détaché du sarment, la quantité de sucre augmente et l'acidité diminue jusqu'à un certain point, et que l'augmentation de sucre aussi bien que la diminution d'acidité sont *sensiblement plus grandes* en exposant le raisin détaché à l'action de la lumière directe du soleil, qu'en le laissant à l'ombre. Voir l'article déjà cité dans la *Rivista di viticoltura ed enologia italiana*, 1877, p. 598.

phénomène auquel est due principalement la diminution de ces acides dans les grains de raisin durant la période de maturation, doit être bien plus actif, c'est-à-dire plus intense et plus rapide, sous un ciel serein, avec l'action directe des rayons solaires, que sous un ciel couvert, avec la lumière diffuse seulement ; et cela nous expliquerait pourquoi la proportion des acides libres et des sels acides contenus dans les raisins au moment de la vendange dépend en grande partie de la saison qui court en août et en septembre : un ciel pur et transparent et l'insolation directe devant contribuer à diminuer notablement et rapidement ces acides, de même qu'un ciel nuageux ou nébuleux ou un soleil voilé doivent en arrêter le décroissement progressif ou au moins le ralentir (1).

Mais malgré les arguments solides qui fortifient cette hypothèse, malgré les analogies nombreuses qui s'y adaptent, elle ne pourra, je le répète, être accueillie comme donnant une explication incontestable du problème proposé, avant que des observations et des expériences directes et répétées n'en aient prouvé la justesse avec évidence, c'est-à-dire avant qu'il y ait des données actinométriques nombreuses, recueillies par beaucoup d'observateurs, et, simultanément, des analyses chimiques et microchimiques soignées, déterminant *expérimentalement* les rapports de la lumière ou, pour

(1) Parmi les divers auteurs qui se sont occupés de recherches sur la maturation des fruits (Bérard, de Saussure, Couverchel, Frémy, Cahours, Chatin et Buignet en France, Wolff, Famintzin, Beyer, Neubauer, Hilger, Pfeiffer et Mach en Allemagne), Frémy fut *le seul à remarquer* que la lumière pouvait y exercer quelque influence.

« Le péricarpe des fruits charnus comestibles parcourt, dit-il, trois périodes bien distinctes. Dans la première, qui est celle du développement, le fruit est généralement vert et agit sur l'atmosphère à la manière des feuilles, en décomposant l'acide carbonique sous l'influence de la lumière solaire et éliminant l'oxygène. Dans la deuxième période, ou celle de la maturation, la couleur verte se change en jaune, en brun ou en rouge; l'oxygène de l'air est converti en acide carbonique, et par l'effet de la combustion lente qui se produit alors, une décomposition s'effectue sur le tannin d'abord, et ensuite aussi sur les acides. C'est alors que d'ordinaire les fruits sont devenus comestibles; en attendant davantage, le sucre disparaît et le fruit devient insipide. *La lumière exerce probablement une influence sur ces phénomènes de la maturation.* La troisième période est celle de la décomposition, qui finit par la destruction complète du péricarpe et met la graine en liberté. Le développement d'acide carbonique qui accompagne les mutations de la troisième période peut dériver, soit d'un phénomène d'oxydation (comme l'affirme Chatin), soit d'un acte de fermentation (comme le soutient Cahours), opinions qui peuvent très-bien se concilier toutes deux. » (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LVIII, p. 656).

parler plus exactement, de la radiation solaire directe, avec les phénomènes physico-chimiques de la maturation des raisins (1).

L'observatoire de météorologie et de physique végétale de Montsouris, fondé par un décret du 13 février 1873, comme établissement autonome et distinct de l'observatoire de Paris, est la première station, et malheureusement la seule jusqu'ici, où la science des météores, exploitée jadis d'une manière à peu près exclusive au profit de la navigation, ait été appliquée à l'étude des phénomènes de la végétation et mise au service de l'agriculture.

L'étude des climats agricoles, qui comprend celle de leurs trois principaux facteurs : lumière, chaleur et eau; l'étude des substances gazeuses et des éléments de nature organique et inorganique qui peuplent l'atmosphère, dans leurs rapports avec les plantes et avec la santé des animaux; en un mot, la météorologie dans ses points de contact avec la physiologie végétale et l'hygiène publique, tel est le vaste et très-important objet qui a été assigné à l'observatoire de Montsouris.

Ni l'Allemagne, ni l'Italie, ne voudront certainement rester en arrière de la France, dans cette application de la météorologie et de la physique végétale à l'étude et à l'interprétation des faits agri-

(1) Le docteur Müller a exécuté des expériences intéressantes sur la manière dont se comportent des raisins d'un même pied de vigne, exposés en partie à la lumière et tenus en partie dans une profonde obscurité, dans le but de vérifier si les grains produisent le sucre au moyen de la chlorophylle qu'ils contiennent ou si au contraire ils le reçoivent d'autres parties de la vigne par le moyen des pédoncules des grappes. Ces expériences, qu'il a communiquées au Congrès des viticulteurs allemands de Creuznach en septembre 1876 (voir *Annalen der Œnologie*, t. VI, p. 615 à 617), ne prouvent autre chose sinon que la majeure partie du sucre existant dans les grains de raisin provient de l'amidon assimilé par les feuilles et transformé là en glucose (sucre de raisin); ce glucose, voyageant de cellule en cellule et se transformant de nouveau en amidon, puis de nouveau en sucre, et ainsi de suite, finit par pénétrer sous cette dernière forme dans les grains par le pédoncule de la grappe, et là s'accumule sans plus subir d'autres métamorphoses; elles prouvent en d'autres termes que le manque de lumière directe *qui frappe le raisin* n'influe pas sur l'*immigration du sucre* dans les grains, de même qu'il n'influe pas du tout sur la *croissance* des grappes, ni sur l'*aptitude des grains à se colorer* en bleu ou en noir. Mais elles n'autorisent pas l'éminent botaniste à affirmer en termes généraux, en se basant sur ces seules observations, que *la lumière n'exerce aucune influence directe sur le développement des raisins*. Cette affirmation ne pourrait être faite que dans le cas seulement où on aurait prouvé expérimentalement que les grappes privées de lumière et celles qui y sont demeurées toujours exposées, contiennent non-seulement des proportions à peu près égales de sucre, mais encore des proportions semblables des autres matériaux du raisin, notamment des acides libres et des sels acides; or cette preuve n'a été ni avancée, ni donnée par Müller dans ses recherches, qui tendaient, comme je l'ai dit, à un tout autre but.

coles : l'Allemagne, qui se vante d'avoir été le berceau des stations expérimentales, destinées à servir de trait-d'union entre les sciences abstraites et la pratique agricole, en conciliant leurs tendances opposées et leurs intérêts contraires et fécondant ainsi le champ des sciences appliquées! L'Italie, qui de toutes les nations de race latine, fut la première à transplanter dans ses nombreuses cités cette institution germanique, en l'appropriant sagement aux besoins de son agriculture et à ses conditions particulières, et étendant sa sphère par la fondation de centres spéciaux de recherches et d'expériences pour l'entomologie et la botanique cryptogamique! Aussi j'ai la confiance de voir bientôt ces deux pays satisfaire à cette impérieuse exigence de l'agriculture progressive, et, en attendant, je fais des vœux pour que les stations agricoles, celles principalement qui sont consacrées à la viticulture et à l'œnologie, recueillant désormais de nombreuses observations actinométriques, étendent leurs recherches et expériences à l'étude des rapports de la radiation solaire avec la végétation des plantes et la maturation de leurs fruits et de leurs graines, considérés comme produits agricoles; et que par là, elles arrivent à nous dévoiler les causes secrètes de ces phénomènes curieux et intéressants, qui s'accomplissent chaque jour sous nos yeux, et n'en conservent pas moins le caractère mystérieux d'énigmes ou de problèmes inexplicables (1).

Villanova di Farra, décembre 1877.

Traduit de l'italien par E. Maillot.
Directeur de la station séricicole de Montpellier.

RECHERCHES SUR LA COUPE DES FOURRAGES

PAR

M. GRANDVOINNET.

Ingénieur, professeur à l'école nationale d'agriculture de Grignon.

La division des fourrages secs, en fragments plus ou moins petits, est considérée depuis longtemps comme une pratique avantageuse à divers points de vue. Lorsque, en effet, la paille et le foin sont hachés avant d'être donnés aux chevaux de travail, ceux-ci peuvent

(1) Nous croyons avec M. Lévy qu'il serait extrêmement utile d'établir des actinomètres dans les observatoires météorologiques; mais dans le choix de ces instruments nous donnerions assurément la préférence à ceux qu'a inventés M. Violle, professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble. (*Note du traducteur.*)

les *saisir* plus facilement et sans efforts fatigants ; ils peuvent en consommer une *plus* grande quantité dans chaque période journalière, ou absorber une même ration dans *moins* de temps.

Les chevaux de travail emploient alors moins de temps pour *saisir*, *mâcher et absorber* une même ration ; ils dépensent aussi moins de force dans ces diverses opérations alimentaires, tout en disposant d'une plus longue période journalière de repos. Mangeant plus, avec moins de peine, digérant mieux et se reposant plus longtemps, les chevaux, alimentés avec une ration comprenant les fourrages divisés, se conservent en meilleure condition à travail égal; ou, pour la même fatigue, donnent plus de travail dans chaque journée.

Pour tous les animaux de ferme, la division des fourrages secs et des racines permet de faire consommer des aliments nourrissants mais peu agréables au goût, comme est la paille à la fin de l'hiver et au commencement du printemps, et comme elle peut l'être à toute autre époque si elle provient d'un blé récolté en temps humide. Les fourrages médiocres, lorsqu'ils ont été hachés et mélangés en proportion convenable à des aliments de bon goût, sont acceptés par les animaux. On peut, avec les divers aliments divisés, faire des mélanges fermentescibles mieux goûtés et plus complétement assimilés par le bétail.

Enfin, la division des divers aliments du bétail permet au cultivateur de régler les *rations* avec la plus grande précision, et d'éviter les *gaspillages* qui se font habituellement, par les charretiers ou domestiques, dans les fenils, et, par les animaux, dans les rateliers.

Ayant reconnu la nécessité, ou tout au moins l'utilité de la division des fourrages, il n'y a plus qu'à rechercher les conditions auxquelles doivent satisfaire les instruments employés à cette opération, pour qu'elle soit le moins coûteuse possible. Or il est clair qu'avant tout les *appareils diviseurs*, les couteaux de hache-paille et de coupe-racines par exemple, doivent être disposés de façon à dépenser le moins possible de travail moteur. C'est à ce point de vue que nous allons étudier les appareils de coupe et plus spécialement les couteaux de hache-paille.

Des divers modes de coupe.

Lorsque l'on frappe brusquement et normalement, avec une lame mince, une tige, fermement maintenue à l'une de ses extrémités, la section peut avoir lieu suivant le plan décrit par la lame diviseuse : il suffit pour cela que la *puissance vive* du *coup de lame* soit supé-

rieure au travail moléculaire de résistance des fibres de la tige à la rupture. La transmission du mouvement des molécules frappées directement, aux molécules de la section voisine, placée en dessous du plan décrit par la lame, ne pouvant se faire instantanément, il y a une séparation brusque que nous considérons comme le *cassage* proprement dit.

Le cassage peut se faire, comme nous venons de l'expliquer, par une lame frappant par son *chan* plus ou moins épais, ou mieux par une lame amincie en coin et agissant par une arête que l'on peut supposer infiniment mince. On sait qu'alors la division exige d'autant moins de force que l'appareil casseur est un coin plus aigu.

Si l'on fait glisser contre une tige une lame mince supportant une certaine pression, le frottement peut devenir assez énergique pour *user* la tige, c'est-à-dire enlever l'une après l'autre les molécules qui constituent une de ses sections. Ce mode de division est le *sciage pur :* car si la lame a un tranchant affilé, elle est assimilable à une scie à dents infiniment petites. Le sciage emploiera, pour une section donnée, plus ou moins de travail moteur suivant la forme des dents de la scie, ou des aspérités du tranchant proprement dit.

Ces deux modes si distincts de *tranchement* peuvent être employés séparément ou simultanément, suivant la disposition des appareils tranchants. Le sciage pur a lieu quand le tranchant *rectiligne*, ou chaque *élément* du tranchant courbe, est dans la direction même du mouvement du coupeur. Le cassage pur a lieu quand le tranchant rectiligne, ou chaque élément du tranchant courbe reste normal à la direction du mouvement imprimé à l'appareil coupeur.

Des expériences directes sont nécessaires pour déterminer quel est, de ces deux modes distincts de *tranchement*, celui qui exige le moins de travail moteur par unité d'aire tranchée ; car les diverses matières se comportent très-différemment pendant le *sciage* ou le *cassage*.

Le plus souvent, le *tranchement* se fait par un procédé mixte tenant des deux précédents : le tranchant reste oblique à la direction du mouvement imprimé au coupeur. Comme cette coupe mixte est à peu près la seule employée dans les hache-paille, nous allons l'étudier aussi complétement que possible.

Soit (fig. 1), AB′ une file de tiges à couper par le tranchant oblique AB, animé d'un mouvement de translation rectiligne parallèle à CA. La coupe commence en A et se termine en B′, lorsque le tranchant s'est transporté de AB en A′B′.

Pour que la coupe de AB′ ait lieu pendant que le tranchant se transporte parallèlement à lui-même, il faut une certaine force motrice T, car les tiges présentent à la coupe une certaine résistance. Et, comme il faut que le cinquième de AB′ soit tranché quand le tranchant s'est avancé du cinquième du parcours total CA, le tranchant doit avoir une certaine acuité et un *affilage* convenable. Ainsi la coupe n'aura lieu qu'autant que la force T atteindra une grandeur suffisante pour l'état particulier du tranchant.

Pour mieux étudier les conditions de cette coupe, supposons-nous transporté avec le tranchant; celui-ci sera pour nous immobile et la file de tiges AB s'avancera d'un mouvement égal et de sens contraire à celui que possède réellement le couteau. Donc tout se passe en réalité comme si, le tranchant AB étant fixe, une force — T poussait la colonne AB′ contre ce tranchant : cette colonne en s'avançant sur le plan incliné s'userait de la quantité même dont elle devrait s'élever; or, pour que cette usure ait lieu, il faut évidemment une réaction P des tiges contre le tranchant. Ainsi, les tiges AB′ peuvent être considérées comme soumises à une pression P dirigée de B′ vers A pendant qu'une force motrice — T les fait monter sur le plan incliné AB doué de la propriété de les user d'une quantité égale à celle dont elles devraient monter.

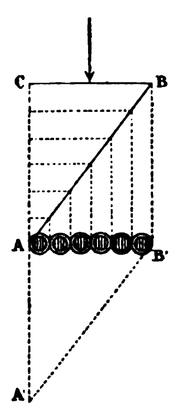


Fig. 1.

Nous pouvons donc assimiler la coupe à l'élévation d'un corps pesant sur un plan incliné, d'un frottement si énergique que ce plan *use* le corps d'une épaisseur égale à la quantité dont il doit s'élever.

En conséquence, lorsque l'on adopte une inclinaison α du tranchant par rapport à la direction de la force motrice, il faut un certain *affilage* de ce tranchant, ou un certain angle de frottement γ; et, en outre, une certaine pression P.

Soit donc M (fig. 2) un corps du poids P qu'une force T parallèle à DA élève, d'un mouvement uniforme, sur le plan incliné. Les forces T et P appliquées au corps M n'étant pas directement opposées, l'équilibre supposé ne peut exister qu'avec une troisième force égale et directement opposée à la résultante des deux premières. Cette troisième force est la réaction R du tranchant sur M : elle fait,

comme on sait, avec la normale N, un angle NMR égal à l'angle de frottement γ. Ces trois forces doivent être en équilibre, puisque le corps M est supposé en mouvement uniforme. Or, on peut déterminer, par expérience, la grandeur de la pression P, nécessaire pour que la paille soit usée, et l'angle de frottement γ, pour un affilage particulier du tranchant.

Pour déterminer alors la grandeur de la force motrice T, on trace MR indéfinie, avec une inclinaison NMR égale à l'angle de frottement γ : par P, extrémité de la droite MP représentant la pression P à une certaine échelle, on mène PR parallèle à T jusqu'à la rencontre de MR prolongée. Le triangle MRP a ses trois côtés proportionnels aux trois forces en équilibre.

Or, dans ce triangle rectangle, on a évidemment :

$$\frac{RP}{MP} \text{ ou } \frac{T}{P} = \operatorname{tg} RMP = \operatorname{tg} (\alpha + \gamma) \ldots (1).$$

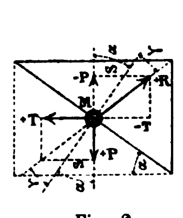


Fig. 2.

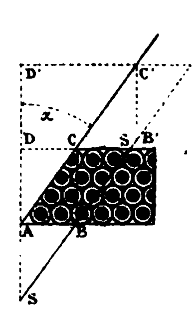


Fig. 3.

Car RMS est égal à NMR, ou γ, comme opposé par le sommet; et les angles SMP et MAD sont égaux, comme ayant leurs côtés perpendiculaires l'un sur l'autre.

De l'équation (1) on tire :

$$T = P \operatorname{tg} (\alpha + \gamma) \ldots (2).$$

Lorsque le tranchant AC (fig. 3) est entré tout entier dans la paille à diviser, chaque élément très-petit de ce tranchant doit user un brin de paille exigeant une même pression, quelle que soit sa place sur la longueur du tranchant. Celui-ci est donc soumis à une réaction — P proportionnelle à la longueur AD de paille en coupe, ou à la projection du tranchant actif sur une normale à la bouche du hache-paille : on peut donc écrire : $P = k. AD \ldots (3)$.

Le coefficient numérique k représentant le poids nécessaire par

unité de longueur pour que la paille s'use de la quantité voulue pendant le passage du tranchant.

La grandeur de ce coefficient dépendra de l'acuité du couteau, considéré comme un coin, et de l'état d'affilage du tranchant de ce couteau.

Mais, dans le triangle ADC, on a :

$$\frac{AD}{DC} = \cot \alpha, \text{ d'où } AD = e \cot \alpha \ldots (4).$$

Dans cette formule, e représente la largeur AB de paille coupée pour un chemin AD parcouru par la force motrice ou le couteau.

Remplaçant, dans l'équation (3), AD par sa valeur, tirée de l'équation (4), on a :

$$P = ke \cot \alpha \ldots (5).$$

Donc, quelle que soit l'inclinaison du tranchant AC sur la direction DA de la force motrice, la pression nécessaire P, pour une même largeur de coupe e, sera représentée par le second membre de l'équation (5).

En mettant cette valeur de P dans l'équation (2), on aura :

$$T = ke \cot \alpha \operatorname{tg} (\alpha + \gamma) \ldots (6).$$

Il est visible que dans le cas d'un hache-paille, la matière à couper étant énergiquement serrée dans l'ouverture quadrangulaire que l'on appelle la *bouche*, la pression P est ordinairement supérieure à celle qui serait strictement nécessaire pour que la paille soit usée de la quantité voulue pendant le passage du tranchant. Donc, on peut discuter l'équation précédente en supposant que l'angle α soit variable, avec la restriction que si l'angle α est très-proche de 90° la pression ordinaire de la paille dans la bouche pourrait être insuffisante. Mais, jusqu'à une certaine limite de grandeur pour α, on peut considérer le coefficient k comme constant.

Le travail moteur employé pour couper une largeur AB, égale à e, c'est-à-dire pour que le tranchant indéfini passe de la position AC à la position parallèle SB, sera égal à $T \times AD$.

Et comme (4) $AD = e \cot \alpha$, on aura, en représentant le travail moteur par T_m :

$$T_m = ke \cot \alpha \operatorname{tg} (\alpha + \gamma) \times e \cot \alpha, \text{ ou } T_m = ke^2 \cot^2 \alpha \operatorname{tg} (\alpha + \gamma) \ldots (7).$$

La surface coupée est égale à $AD \times AB$ ou $e \cot \alpha \times e$ ou $e^2 \cot \alpha$ Donc le travail par unité de surface sera représenté par

$$\frac{T_m}{e^2 \cot \alpha} \text{ ou enfin par } k \cot \alpha \, tg \, (\alpha + \gamma).$$

c'est-à-dire que l'on peut écrire :

Travail par décimètre carré de coupe $= k \cot \alpha, \, tg \, (\alpha + \gamma)$... (8).

Ainsi l'équation (8) montre que le travail moteur, par décimètre carré de coupe, est proportionnel au produit de deux facteurs variables, $\cot \alpha$ et $tg \, (\alpha + \gamma)$...

Cette valeur du travail moteur, par unité d'aire de coupe, a deux maxima infiniment grands. En effet, lorsque l'on suppose que l'angle de coupe α est infiniment petit ou près d'être égal à 0°, on a $\cot \alpha = \infty$ (infini). La coupe a lieu alors par un sciage pur : il faut une force motrice très-faible, mais elle doit parcourir un chemin infiniment grand.

Si, en second lieu, on suppose que $\alpha + \gamma = 90°$, on a $tg \, (\alpha + \gamma) = \infty$, et par suite le travail moteur, pour le sciage de l'unité d'aire, est infiniment grand. C'est alors le *cassage* pur. Il faut une énorme force pour opérer la division, mais le chemin à parcourir est le plus petit possible.

Ces conséquences extrêmes de la discussion de l'équation (8) ne peuvent être vérifiées par la pratique. Cela tient à l'hypothèse faite précédemment de la constance du coefficient k dans l'équation (3). Comme ce coefficient représente, à très-peu près, la pression que nécessite un brin de paille pour être usé par le tranchant pendant son passage, il est plus petit lorsque l'angle α est faible que pour un angle de coupe approchant du complément de l'angle de frottement : en outre, la réaction P, nécessaire pour la coupe mixte, peut être d'autant plus faible que l'*affilage* du tranchant est plus près d'être parfait et que l'*affûtage* est plus récent. Les conséquences extrêmes de l'équation (8) supposent donc que les hypothèses suivantes se vérifient : l'angle de coupe n'est ni très-petit ni très-grand ; l'*affilage* et l'*affûtage* sont moyens ; et enfin le serrage des brins de paille, dans la bouche de l'instrument, est plus énergique qu'il n'est nécessaire pour que la paille réagisse assez contre le tranchant.

Dans ce cas, on peut dire qu'il y a une valeur particulière de α qui correspond au minimum de travail moteur par décimètre carré de coupe. On prouve que la valeur minimum du produit des deux facteurs variables $\cot \alpha$ et $tg \, (\alpha + \gamma)$ est obtenue lorsque ces facteurs sont égaux. Or, pour que la cotangente d'un angle α soit égale à la tangente d'un autre angle $\alpha + \gamma$, il faut que ces angles soient

complémentaires ou que leur somme vaille exactement 90°. On a donc, pour le minimum de travail moteur par unité d'aire : $\alpha + (\alpha + \gamma) = 90°$... (9). D'où l'on tire :

$$\alpha = \frac{90° - \gamma}{2} \ldots (10).$$

Ainsi le travail moteur qu'exige la coupe d'une aire donnée serait le plus petit possible lorsque l'angle de coupe α serait égal à la moitié du complément de l'angle de frottement γ.

Si le tranchant est infiniment mince et parfaitement *affilé* ou *affûté*, le coefficient de frottement est très-grand, ainsi que γ; et alors l'angle α doit être très-petit. Si, par exemple, γ est alors égal à 60°, il faudrait que l'angle de coupe ne soit que de 15°.

Lorsque le tranchant, tout en restant très-mince comme précédemment, s'est *émoussé*, par l'usure réciproque de la paille et de l'acier frottant l'un contre l'autre, γ peut s'abaisser jusqu'à 16°; et alors, pour le minimum de travail, l'angle de coupe α devrait être de 37°. Nous avons admis des valeurs extrêmes pour γ d'après nos seules observations : car les rares ouvrages sur les machines agricoles, même les plus récents et les plus gros, sont absolument muets, et pour cause, sur les diverses questions que nous traitons ici. Mais il faudrait des expériences directes pour déterminer exactement ces limites de valeur de l'angle de frottement γ de la paille sur l'acier, en tranchant plus ou moins affilé.

L'étude que nous venons de faire de la coupe, malgré la petite lacune que nous signalons, prouve au moins : 1° que l'angle de coupe du tranchant d'un hache-paille doit avoir une grandeur particulière, si l'on tient à ce que la coupe emploie le minimum de travail moteur par décimètre carré de coupe, ou par kilogramme de paille hachée en fragments d'une longueur donnée; 2° que si l'on adopte un angle de coupe trop grand, le travail moteur dépensé est inutilement supérieur à ce qui serait strictement nécessaire; et, de plus, la paille doit être tenue très-fermement ou très-serrée dans la bouche, sinon elle ploie sous le choc du couteau; 3° que si l'on adopte un angle de coupe trop petit, on dépense aussi trop de travail moteur, mais avec l'avantage que la paille est moins exposée à ployer sous le couteau que dans le cas d'un trop grand angle; 4° que, dans tous les cas, un bon affûtage du tranchant est avantageux.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que l'angle d'action du couteau considéré comme coin, c'est-à-dire l'inclinaison de la face externe

du couteau sur le plan vertical de la *platine* qui limite la bouche, doit être le plus petit possible.

Les couteaux de hache-paille, de coupe-racines, etc., peuvent être placés sur un *plan*, un cylindre ou un cône. Or, notre théorie exige que le tranchant fasse, en tous ses points, avec la direction du mouvement, l'angle α qui correspond au minimum de travail moteur : cette condition générale ne peut être satisfaite que par des tranchants de direction convenable dépendant du mouvement adopté.

Si le couteau doit être placé sur un cadre plan animé d'un mouvement rectiligne alternatif devant une bouche à platine verticale, le tranchant doit être *droit*. C'est ainsi que sont en effet disposés les tranchants dans les trois espèces de hache-paille du premier genre (d'après la classification que nous avons adoptée dans notre Traité sur les hache-paille). Il en est de même des couteaux de coupe-racines à mouvement rectiligne alternatif.

Lorsque le couteau doit être placé sur un plan animé d'un mouvement de rotation, le tranchant, devant passer contre une platine à bord horizontal droit, ne peut plus être rectiligne, puisqu'il faut que chacun de ses éléments fasse avec la direction du mouvement (la normale au rayon) un angle α constant. La forme du tranchant est alors celle d'une courbe plane du caractère loxodromique, comme nous allons le faire voir.

Soit (fig. 4) UT une ouverture horizontale ne laissant passer qu'une mince couche de brins de paille et placée devant un disque plan tournant autour d'un axe O perpendiculaire à ce disque et situé dans un plan horizontal passant par UT.

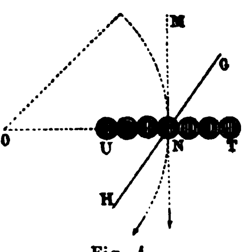


Fig. 4.

Ce disque doit être armé d'un tranchant plan d'une courbure telle que chaque élément HG, au moment où il passe sur la bouche UT ou le rayon OT, fasse un même angle α donné. Alors, l'angle de coupe MNG est constant, et on peut lui donner la grandeur qui, d'après notre théorie, correspond au minimun de travail moteur, soit par exemple 30°.

Le caractère de la courbe du tranchant des couteaux plans des hache-paille à disque est donc celui-ci : *l'angle que fait un élément quelconque de cette courbe avec le rayon partant de l'origine de cet élément, est constant.*

Bien qu'il n'y ait aucun rapport visible entre l'art de la navigation et la coupe de la paille, la discussion des routes que peut suivre un navire, sur la surface terrestre, donne lieu à l'étude d'une courbe sphérique du même caractère. En effet, lorsqu'un vaisseau doit *couper* tous les méridiens qu'il rencontre sous un même angle Z, il décrit une courbe sphérique qui a le même caractère que celle du tranchant plan d'un couteau de hache-paille. C'est ce que nous appellerons le caractère *loxodromique*, suivant le nom donné à la courbe sphérique. Ce caractère peut appartenir à des courbes tracées sur une surface quelconque définie, comme un plan, un cylindre, un cône ou une sphère, et par suite il y a, outre la *loxodromie* proprement dite, qui est la courbe *sphérique*, des *loxodromies plane*, *cylindrique* et *conique*. Et ces courbes, d'après notre théorie, doivent être adoptées pour les tranchants des hache-paille et des coupe-racines plans, cylindriques ou coniques.

Cette parenté de courbes dont le caractère commun est de faire un *angle constant* avec une série de courbes ou de droites convergentes définies, n'a jamais été signalée, que nous sachions, ailleurs que dans notre cours de machinerie agricole à Grignon. Mais la courbe des navigateurs appelée *loxodromie*, du grec *loxos* (oblique) et *dromos* (course), est depuis longtemps connue; car Novius, savant géomètre portugais du XVIe siècle, a proposé des tables pour aider les navigateurs lorsqu'ils veulent *courir* en suivant le même *rumb* de vent. Notre étude des tranchants de hache-paille nous force donc à reconnaître toute une famille de courbes que l'on peut appeler des *loxodromies*.

La loxodromie sphérique, ou des navigateurs, est connue et sa formule déterminée; les loxodromies planes, cylindriques ou coniques applicables aux couteaux de hache-paille et de coupe-racines plans, cylindriques ou coniques n'ont été jusqu'ici ni signalées ni étudiées de cette façon. Nous allons essayer de remplir cette lacune.

Loxodromie plane.

La loxodromie plane est une courbe telle qu'elle coupe suivant un même angle Z tous les rayons menés d'un même centre O, pris dans son plan.

Soient (fig. 5) A et B deux points de cette courbe, infiniment voisins l'un de l'autre. D'après la définition, l'angle que fait l'élé-

ment de courbe AB avec le rayon OA est le même que celui fait par l'élément suivant BC avec le second rayon OB. Nous représenterons toujours à l'avenir par Z cet angle constant qui caractérise la courbe que nous étudions.

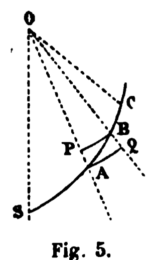


Fig. 5.

AB étant l'accroissement infiniment petit ds de la longueur de la courbe, pour une rotation AOB égale à $d\theta$, la variation élémentaire dr du rayon OA ou ρ sera AP ou BQ.

Le triangle ABQ étant rectangle en Q, on a :

$$\frac{AQ}{AB} = \sin ABQ = \sin Z,$$

d'où l'on tire :

$$AQ = ds \sin Z \ldots (11).$$

D'ailleurs, l'arc infiniment petit AQ, sous-tendant l'angle élémentaire $d\theta$, est égal à :

$$\frac{2\pi\rho}{360^\circ} d\theta.$$

En mettant cette valeur de AQ dans l'équation (11) on a :

$$\frac{2\pi\rho}{360} d\theta = ds \sin Z \ldots (12).$$

Dans le même triangle ABQ, on a :

$$\frac{BQ}{AB} = \cos Z \text{ ou } dr = ds \cos Z \ldots (13).$$

Si l'on divise l'équation (12) par l'équation (13) on aura, après réduction :

$$d\theta = \frac{360}{2\pi} \operatorname{tg} Z \frac{dr}{\rho} \ldots (14).$$

Si l'on intègre cette équation à deux variables θ et ρ, pour des valeurs de θ comprises entre θ_1 et θ_0, comptées à partir du diamètre OS′ et correspondant à des rayons ρ_1 et ρ_0, on aura :

$$\theta_1 - \theta_0 = \frac{360}{2\pi} \operatorname{tg} Z \left[\log \text{hyp.} \rho_1 - \log \text{hyp.} \rho_0\right] \ldots (15).$$

Il y a, naturellement, une certaine analogie entre cette équation et celle de la loxodromie sphérique que nous transcrivons ici :

$$L_1 - L_0 = \operatorname{tg} Z. \left[\log \text{hyp.} \operatorname{tg}(45^\circ + \tfrac{1}{2} l_1) - \log \text{hyp.} \operatorname{tg}(45^\circ + \tfrac{1}{2} l_0)\right] \ldots (16).$$

Dans cette dernière équation, L_0 et L_1 sont les longitudes des

points de départ et d'arrivée du navire, et l_0 et l_1 leurs latitudes.

Si l'on suppose que le point de départ de la loxodromie plane soit sur le rayon pris comme origine des arcs de rotation et à une distance R du centre, on a $\theta_0 = 0$ et $\rho_0 = R$: alors l'équation (15) se réduit à :

$$\theta = \frac{360}{2\pi} \operatorname{tg} Z \left[\log \text{hyp. } R - \log \text{hyp. } \rho\right] \ldots (17),$$

ou :

$$\theta = \frac{360}{2\pi} \operatorname{tg} Z \log \text{hyp.} \left(\frac{R}{\rho}\right) \ldots (18).$$

Cette équation, comme nous le verrons plus loin, est celle d'une spirale logarithmique dont l'équation générale est : $\rho = re^{m\theta}$ (19).

L'équation (18) montre clairement que, pour une valeur très-faible de ρ par rapport au rayon primitif R, le quotient $\frac{R}{\rho}$ s'approche de l'infini et qu'il en est par suite de même pour θ. Et si le rayon ρ pouvait se réduire à 0, le rapport $\frac{R}{\rho}$ serait infini ainsi que θ. Donc, la loxodromie plane tourne indéfiniment autour du centre et s'en rapproche constamment sans pouvoir l'atteindre jamais.

Si ρ est plus grand que R, la différence entre les log. de R et de ρ (17) devient négative et croît indéfiniment en valeur absolue; θ est négatif et croît aussi indéfiniment. Donc, à l'extérieur de l'origine supposée S, la courbe s'étend indéfiniment, en s'écartant de plus en plus du centre, tandis qu'à l'intérieur, comme nous l'avons vu, elle s'approche constamment du centre sans jamais l'atteindre. C'est donc une courbe qui est, en réalité, sans commencement ni fin.

Pour des valeurs identiques de R et de ρ, les valeurs correspondantes de θ sont proportionnelles à la tangente de l'angle Z. Donc, de deux loxodromies planes, celle qui se rapproche le plus rapidement du centre est celle dont l'angle Z est le plus petit, et lorsque Z est presque nul, la loxodromie tend à se confondre avec le rayon, qui est ainsi une première limite des loxodromies partant d'un point donné au delà du centre.

L'angle Z prenant des valeurs croissantes à partir de 0° jusqu'à 90°, les loxodromies se rapprocheraient de moins en moins vite du centre; c'est-à-dire que, pour une même diminution du rayon, l'angle θ, dont le rayon doit se déplacer, est d'autant plus grand que la tangente de l'angle Z est elle-même plus grande. Et, à la limite, si Z est aussi près d'être égal à 90° qu'on veut l'imaginer, l'angle θ

est presque infini pour la moindre diminution du rayon. La circonférence de rayon OC, égal au rayon primitif R, est donc la seconde limite des loxodromies planes passant par un point donné A (fig. 6).

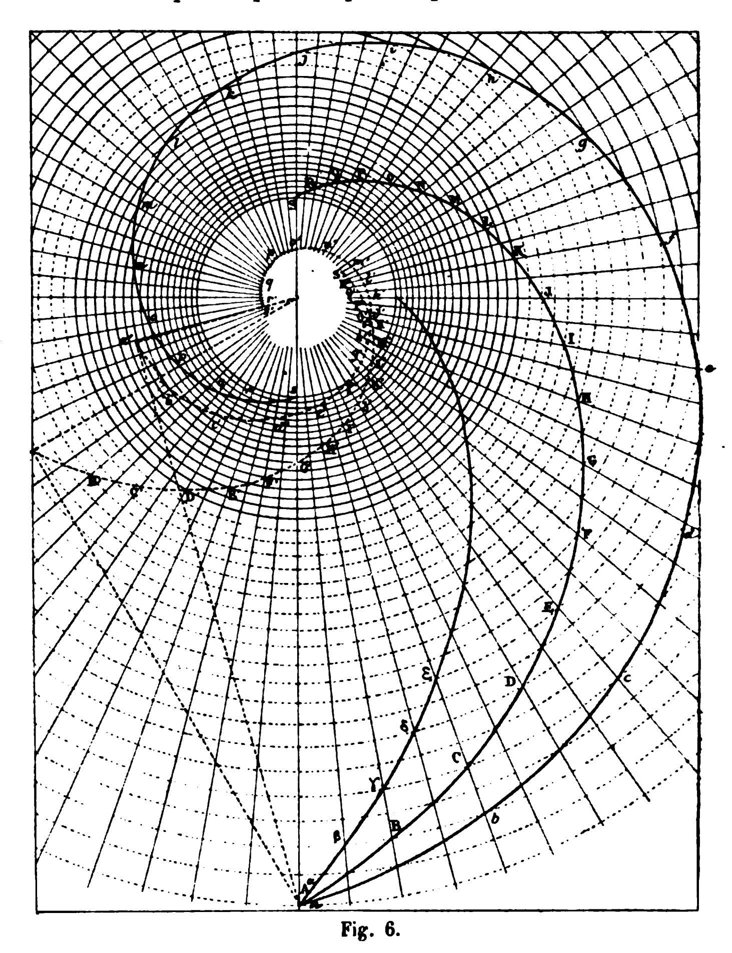


Fig. 6.

Sur la figure 6 nous avons quatre courbes d'angles Z tels que leurs tangentes trigonométriques soient entre elles comme les nombres 0,5, 1,2 et 3. On voit que, pour une même diminution de rayon (de 100 à 16,381) la première décrit un angle de 90°, la seconde de 180°; la troisième, de 360°, et la quatrième, de 540°; et ces angles sont entre eux comme 0,5, 1,2 et 3. Les angles Z de ces quatre loxodromies sont respectivement : 40°,53′, 36″,2; 60°; 73°,53′,52″,4 et 79°,06,23″,7.

Longueur développée d'un arc de loxodromie plane. — Le triangle élémentaire ABQ (fig. 5) donne :

$$\frac{dr}{ds} = \cos Z, \text{ d'où } ds = \frac{1}{\cos Z} dr \ldots (20).$$

Or, on sait que, d'une manière générale, pour un angle quelconque A, on a la formule trigonométrique :

$$\frac{1}{\cos A} = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 Z.}$$

Donc, aussi :

$$ds = dr\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 Z} \ldots (21).$$

Si l'on intègre chacune des équations (20) et (21) entre deux rayons ρ_0 et ρ_1 correspondant à des longueurs de courbes S_0 et S_1, on a :

$$S_1 - S_0 = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 Z}(\rho_1 - \rho_0) \ldots (22).$$

Et...

$$S_1 - S_0 = \frac{1}{\cos Z}(\rho_1 - \rho_0) \ldots (23).$$

Si ρ_0 est le rayon initial R de la courbe au point de départ choisi, on a $S_0 = 0$ et les équations (22) et (23) se réduisent à :

$$S = \frac{1}{\cos Z}(R - \rho) \ldots (24).$$

et :

$$S = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 Z}(R - \rho) \ldots (25).$$

On voit de suite qu'en donnant à Z une valeur convenable, le développement S de la loxodromie plane peut être égal à un multiple donné de la diminution du rayon ou de $R - \rho$. Nous avons ainsi déterminé les inclinaisons Z de diverses loxodromies planes, dont quelques-unes sont utilisables dans les hache-paille et les coupe-racines à disques plans.

LONGUEUR développée de la courbe en fonction de (R — ρ).	VALEURS correspondantes de l'angle Z.	LONGUEUR développée de la courbe en fonction de (R — ρ).	VALEURS correspondantes de l'angle Z.
1.0	0°00'00"	2	60°00'00"
1.1	24 37 10	3	70 31 44
1.2	33 33 25	4	75 31 21
1.3	39 42 55	5	78 27 47
1.4	44 24 55	6	80 24 21
1.5	48 11 22	7	81 47 13
1.6	51 19 05	8	82 49 09
1.7	53 58 05	9	83 37 15
1.8	56 15 05	10	84 15 38
1.9	58 14 36		
2.0	60 00 00	20	87 08 02
		50	88 51 14
		∞	90 00 00

On voit dans ce tableau, ainsi qu'à la simple inspection des équations (24) et (25), que la loxodromie plane est toujours supérieure à la différence des rayons extrêmes; en outre, notre tableau montre que si l'angle Z dépasse 60°, il suffit d'une faible augmentation de cette inclinaison de la courbe pour que sa longueur s'accroisse très-vite : à la limite, quand Z est près d'atteindre 90°, la longueur de la courbe est infinie, car elle se compose d'un nombre infini de circonférences du rayon initial R.

Si l'on prend, comme axes coordonnés, deux diamètres perpendiculaires l'un à l'autre dans un cercle dont le rayon soit le rayon initial de la loxodromie plane, il sera facile d'exprimer l'ordonnée MP et l'abscisse OP d'un point quelconque M de cette courbe. On a en effet (fig. 7) :

$$\frac{MP}{OM} = \sin \theta \text{ ou } \frac{y}{\rho} = \sin \theta, \text{ d'où } y = \rho \sin \theta \ldots (26).$$

De même :

$$\frac{OP}{OM} = \cos \theta, \text{ ou } \frac{x}{\rho} = \cos \theta, \text{ d'où } x = \rho \cos \theta \ldots (27).$$

En mettant, dans ces deux formules, les valeurs de ρ et de θ, qui se correspondent d'après les équations (17) ou (18), on peut déterminer les valeurs de x et y. Nous les donnons ci-dessous pour la loxodromie plane dont l'inclinaison Z est de 60° et qui est utilisée dans les hache-paille.

RAYONS ρ en fractions du rayon initial R.	ANGLES θ CORRESPONDANTS		ACCROISSEMENTS moyens de θ pour diminution d'un centième du rayon primitif.	ABSCISSES x comptées à partir du centre.	ORDONNÉES y comptées positivement à droite du rayon primitif.
	en degrés, minutes, etc.	en fractions décimales de degrés.			
1.000	0°00′00″	0.000		1.00 000	0.00 000
0.950	5 05 36	5.090	1.0180	0.94 625	0.84 340
0.900	10 27 22	10.456	1.0732	0.88 506	0.16 334
0·850	16 07 41	16.128	1.1354	0.81 655	0.23 612
0.800	22 08 38	22.144	1.2032	0.74 101	0.30 155
0.750	28 32 56	28.549	1.2810	0.65 880	0.35 843
0.700	35 23 46	35.396	1.3694	0.57 061	0.40 546
0.650	42 45 04	42.751	1.4710	0.47 731	0.44 123
0.600	50 41 38	50.694	1.5886	0.38 007	0.46 427
0.550	59 19 46	59.329	1.7270	0.28 055	0.47 308
0.500	68 47 13	68.787	1.8916	0.18 093	0.46 614
0.450	79 14 35	79.243	2.0912	0.08 3989	0.44 215
0.400	90 55 55	90.932	2.3378	+0.00 6505	0.39 935
0.350	104 10 59	104.183	2.6502	—0.08 5759	0.33 927
0.300	119 28 48	119.480	3.0594	—0.14 764	0.26 115
0.250	137 34 48	137.580	3.6200	—0.18 456	0.16 864
0.200	159 43 12	159.720	4.428	—0·18 760	0.06 9322
0.150	188 16 48	188.28	5.712	—0.14 844	—0.02 1603
0.100	228 30 46	228.51	8.046	—0.06 6244	—0.06 6245
0.050	297 17 24	297.29	13.756	—0.02 2924	—0.04 4434
0.040	319 26 24	319.44	22.15	+0.03 0388	—0.02 6010
0.030	347 59 24	347.99	28.55	+0.02 9343	—0.00 62425
0.020	388 13 48	388.23	40.24	+0.01 7621	+0.00 94602
0.010	457 00 36	457.01	68.78	—0.00 12206	+0.00 9923
0.005	525 48 00	525.80	137.58	—0.00 484725	+0.00 122655
0.001	685 31 12	685.52	399.30	+0.00 082432	—0.00 056613

On voit qu'il suffit, à l'origine, d'une rotation d'un degré pour que le rayon de la courbe diminue d'un centième de sa longueur; tandis qu'à la fin il faut 68°46′48″ pour qu'il diminue de la même longueur. Il y a un maximum d'ordonnée pour chaque spire : pour $\theta = 60°$, $240°$, $420°$, etc., et il est visible que les points de la courbe qui ont ces maxima d'ordonnées sont sur une même droite.

L'équation (14) montre que le rapport entre la diminution d'un rayon et ce rayon est une fraction constante, pour une même rotation infiniment petite $d\theta$.

On a, en effet :

$$\frac{dr}{\rho} = \frac{2\pi}{360 \operatorname{tg} Z} d\theta \ldots \text{(14 bis)}.$$

Si nous faisons :

$$\operatorname{tg} Z = \frac{1}{m} \text{ et } \frac{2\pi}{360} = n.$$

cette équation peut s'écrire :

$$\frac{dr}{\rho} = n m d\theta.$$

n et m étant des nombres constants, leur produit est un coefficient constant k.

Par conséquent, si nous supposons que le rayon primitif R tourne successivement de $d\theta$, $2d\theta$, $3d\theta$, etc, à chaque fois il diminue d'une fraction k de sa longueur actuelle. Soit, par exemple, $d\theta$ égal à un degré. Le rayon initial étant R, après un degré de rotation il sera $R-kR$ ou $R(1-k)$. Après un nouveau degré de rotation, ce rayon $R(1-k)$ aura diminué d'une fraction k de sa longueur : il sera donc égal à $R(1-k)-k.R(1-k)$ ou, en mettant $R(1-k)$ en facteur commun $R(1-k)[1-k]$ ou $R(1-k)^2$; et ainsi de suite, de sorte qu'en général si θ représente le nombre de degrés de rotation final, on a :

$$\rho = R(1-k)^{\theta} \dots (28).$$

L'exposant θ étant exprimé en degrés, minutes ou secondes suivant que l'on admet que $d\theta$ représente un degré, une minute ou une seconde.

La fraction k, toujours plus petite que l'unité, dépend exclusivement de la grandeur de l'angle Z de la loxodromie :

$$\text{car } n = \frac{2\pi}{360} \text{ ou } 0.01745333.$$

Lorsque Z est égal à 60°, sa tangente est égale à

$$\sqrt{3} \text{ ou } 1.73205, \text{ donc } \frac{1}{m} = 1.732,$$

d'où :

$$m = \frac{1}{1.73205} = 0.57735,$$

d'où $k = n\,m = 0{,}01745333 \times 0{,}57735\ 0{,}01008$.

Donc l'équation approximative de la loxodromie plane de 60° d'inclination serait : $\rho = R\,(0{,}99)^{\theta}$: c'est bien l'équation de la spirale logarithmique présentée d'une manière générale ainsi : $\rho = r.e^{m\theta}$.

Et l'on pourrait définir ainsi cette loxodromie : une courbe telle qu'elle se rapproche pour chaque degré de rotation du centième de son rayon actuel par rapport à un centre donné.

Lorsque plusieurs courbes ont des inclinaisons Z telles que, pour une même différence de rayon $(R-\rho)$ les angles θ sont entr'eux comme 0,5, 1, 2 et 3, l'exposant de l'équation (28) est alors $0{,}5\theta$,

θ, 2θ et 3θ, pour donner une même valeur de rayon. Alors l'on aurait pour les quatre courbes calculées :

$$Z = 40°, 53', 36''2 \qquad \rho = R\,(0.9801)^{\theta}$$
$$Z = 60°, \qquad \rho = R\,(0.99)^{\theta}$$
$$Z = 73°, 53', 52''4 \qquad \rho = R\,(0.99499)^{\theta}$$
$$Z = 79°, 06', 23''7 \qquad \rho = R\,(0.99665)^{\theta}$$

Ce qui veut dire que, pour chaque degré de rotation, le rayon actuel diminue de 1,50 de sa longueur, dans la courbe la moins inclinée (40°,53′,36″2), d'un centième seulement, dans la seconde, d'un demi-centième, dans la troisième et d'un tiers de centième, dans la plus inclinée (79°06′23″7).

Ces formules approximatives sont suffisantes pour la pratique et donnent un moyen facile de tracer la courbe par points. Voici les résultats qu'elles donnent pour la loxodromie plane de 60°, que nous conseillons aux fabricants de hache-paille.

ANGLES de rotation θ	RAYONS successifs ρ	DIFFÉRENCES entre les rayons.	ANGLES de rotation θ	RAYONS successifs ρ	DIFFÉRENCES entre les rayons.
0°	100 000		95°	38 490	1899
5	95 099	4901	100	36 603	1887
10	90 438	4661	105	34 809	1794
15	86 006	4432	110	33 103	1706
20	81 791	4215	115	31 481	1622
25	77 782	4009	120	29 938	1543
30	73 919	3863	125	28 471	1467
35	70 345	3574	130	27 075	1396
40	66 897	3448	135	25 749	1326
45	63 619	3278	140	24 487	1262
50	60 501	3118	145	23 287	1200
55	57 535	2966	150	22 145	1142
60	54 716	2819	155	21 060	1085
65	52 034	2682	160	20 028	1032
70	49 484	2550	165	19 046	982
75	47 059	2425	170	18 113	933
80	44 752	2307	175	17 225	888
85	42 559	2193	180	16 381	844
90	40 389	2170			

Tangente à la loxodromie plane.

D'après la définition de cette courbe, la tangente MT (fig. 7), qui n'est que le prolongement de l'élément linéaire MA, fait avec le rayon OM un angle constant Z; par suite, l'angle MTO, que fait cette

tangente avec le rayon de départ OC, est égal à UMO — MOC. Donc MTO $= Z - \theta$... (30).

L'ordonnée MP étant égale, comme nous l'avons vu, à $\rho \sin \theta$, le triangle rectangle PMT nous donne, pour la valeur de la tangente MT :

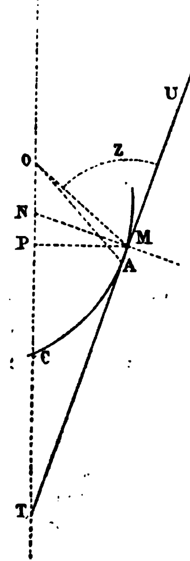


Fig. 7.

$$MT = \rho \frac{\sin \theta}{\sin (Z - \theta) \ldots} \quad (31).$$

Et pour la valeur de la sous-tangente TP.

$$TP = \rho \sin \theta \cot (Z - \alpha) \ldots \quad (32).$$

Discussion. — La forme de l'équation (31) montre que l'inclinaison de la tangente, par rapport au rayon primitif OC, pourra prendre toutes les valeurs imaginables. Elle sera nulle quand $Z - \theta$ ou $\theta - Z$ seront égaux à 0°, 180°, 360°, etc., c'est-à-dire quand θ sera égal à Z, Z + 180°, Z + 360°, etc. La tangente sera normale à l'axe OT, quand $Z - \theta$ ou $\theta - Z$ seront égaux à 90°, 270°, 450°, etc., ou quand $\theta = 90° + Z$, $270° + Z$, $450° + Z$, etc.

La longueur de la tangente est un multiple du rayon de la loxodromie, et a pour valeur :

$$\rho \frac{\sin \theta}{\sin (Z - \theta)}.$$

Or, la fraction :

$$\frac{\sin \theta}{\sin (Z - \theta)}$$

est évidemment d'abord positive et d'autant plus grande que θ est plus près d'être égal à Z. A ce moment, la tangente est infinie, puisque $\sin (Z - \theta)$ est égal à zéro. Elle est d'ailleurs parallèle à l'axe OT.

Pour une valeur de θ plus grande que Z, la tangente est dirigée en sens opposé : et, comme sa longueur doit être comptée en sens inverse, elle est négative et d'autant plus petite que θ est plus grand au-delà de Z, jusqu'à $\theta = 180° + Z$; elle est alors à l'infini négatif, et ainsi de suite.

Lorsque la tangente est normale à l'axe OT, c'est-à-dire quand $\theta - Z = 90°$ ou quand $\theta = 90° + Z$.

$$\frac{\sin \theta}{\sin (Z - \theta)} \text{ devient } \frac{\sin (90° + Z)}{\sin - 90°} \text{ ou } - \frac{\cos Z}{1}.$$

Donc la tangente est, pour ces divers cas, égale à $-\rho \cos Z$, fraction constante du rayon ρ actuel pour toute la courbe.

La sous-tangente (32) est un multiple du rayon ρ, et est représentée par le produit $\sin \theta \cot g (Z - \theta)$. Donc cette sous-tangente, d'abord nulle comme la tangente, quand $\theta = 0°$, croît jusqu'à ce que θ soit égal à Z; alors, elle est infinie, comme la tangente, puis elle devient négative et diminue constamment jusqu'à ce qu'elle redevienne nulle, pour $\theta = 90° + Z$... etc.

Normale à la loxodromie plane.

La normale MN (fig. 7), hypothénuse du triangle rectangle MNP, peut être déterminée par l'équation :

$$\frac{MP}{MN} = \cos NMP = \cos MTO.$$

On sait, en effet, que l'ordonnée MP est égale à $\rho \sin \theta$ et que l'angle $MTO = Z - \theta$. Donc

$$MN = \rho \frac{\sin \theta}{\cos (Z - \theta)} \ldots (33).$$

La sous-normale se déduit de l'équation :

$$\frac{NP}{MP} = \text{tg } NMP = \text{tg } MTO,$$

d'où l'on tire :

$$NP = \rho \sin \theta \text{ tg } (Z - \theta) \ldots (34).$$

Discussion. — Lorsque l'angle θ croît à partir de 0°, la normale, d'abord nulle avec θ, croît avec cet angle jusqu'à ce qu'il soit égal à Z. Alors, la normale (33) est égale à

$$\rho \frac{\sin Z}{\cos 0°} = \rho \sin Z.$$

Dès que θ est supérieur à Z, le dénominateur $\cos (Z - \theta)$ diminue, car $-(Z - \theta)$ ou $\theta - Z$ augmente jusqu'à ce que $\theta - Z$ vaille un angle droit ou que θ soit égal à $90° + Z$. Alors, le dénominateur, cos 90°, est nul, et la normale, infinie; ce qui exige qu'elle soit parallèle à l'axe OT et que la tangente soit normale. Au-delà de $\theta = 90° + Z$, la normale diminue, etc.

La sous-normale NP (34) est nulle quand $\theta = Z$ ou 0, de même = pour $\theta = 180°$, ou $-(\theta - Z) = 180°$, ce qui équivaut à

$\theta = 180° + Z$, etc. La sous-normale est infinie quand $\theta - Z = 90°$, 270°, etc; alors θ $90° + Z$ ou $270° + Z$.

En résumé, la tangente est parallèle à l'axe OT lorsque l'angle θ est égal à Z augmenté d'un nombre pair d'angles droits : la normale est alors, naturellement, perpendiculaire à l'axe OT, et la sous-normale est nulle, la sous-tangente étant infinie, comme la tangente.

La tangente est perpendiculaire à l'axe OT quand θ est égal à Z augmenté d'un nombre impair d'angles droits : la normale est alors parallèle à l'axe OT et infinie; la tangente est égale à ρ cos Z et la sous-tangente, nulle. Enfin, la sous-normale est infinie, comme la normale.

Développée de la loxodromie plane.

Soit ABCD une loxodromie plane dont le centre est O (fig. 8). Si, en A, B, C et D, on mène les tangentes à la courbe (non figurées ici), puis les normales à ces tangentes, il est visible que ces normales se rencontreront successivement en A′ B′ C′; et alors ces points de rencontre formeront, par leur ensemble, une courbe dite la *développée* de A B C D, parce qu'un fil tendu de A′ en A décrirait, lorsqu'on le ferait tourner dans le sens de la flèche, la courbe ABCD qui est la *développante* de A′B′C′.

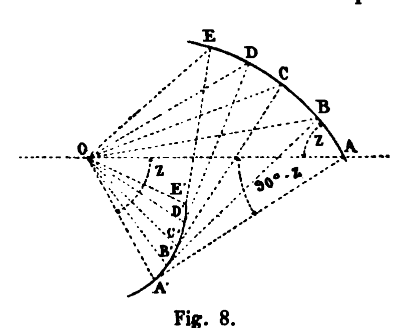


Fig. 8.

Or, les deux normales infiniment voisines AA′ et BB′ font entre elles le même angle $d\theta$ que les deux éléments ds successifs AB, BC : il en est donc de même des éléments de la développée, A′B′ et B C′.

Si on joint le point A au centre O, ainsi que A′ à O′, l'angle BAO est égal à Z ainsi que B′A′O′, comme on le voit bien sur la figure 6.

Il résulte donc de cette égalité des angles que la développée de la loxodromie plane est une loxodromie de même inclinaison.

Ainsi, prenons pour exemple la loxodromie de 60° de la figure 6, le rayon AA′, perpendiculaire à l'élément AB, fera avec l'élément de la développée A′B′ un angle complémentaire de Z ou de 30°; et

par suite le rayon A′O′ perpendiculaire à A′A, fera avec A′B′ l'angle Z de 60°. Mais, comme A′AO est le complément de Z, l'angle A′O′A vaut Z : donc, enfin, le rayon O′A′ passe par le centre O de la loxodromie. Comme il en doit être ainsi à cause de l'égalité constante des angles pour tous les éléments de la loxodromie, il est clair que sa développée est aussi une loxodromie du même angle Z et du même centre O. La figure 6 montre deux loxodromies d'angles différents avec leurs dévéloppées. On a donc pour tout point A de la loxodromie et son correspondant A′ de la développée A′, un triangle rectangle OA′A, dont l'un des angles aigus est Z, l'angle caractéristique de la loxodromie. On peut donc écrire :

$$\frac{A'O}{AO} = \cos Z \text{ ou } \rho' = \rho \cos Z \ldots (35).$$

c'est-à-dire que le rayon de la développée est égal au rayon correspondant de la loxodromie ou développante, multiplié par la fraction que représente cos Z, constant pour toute la courbe.

Si l'on suppose dans l'équation (35) des valeurs diverses de Z auxquelles correspondent autant de loxodromies planes différentes, il est visible que le rayon ρ' de la développée sera d'autant plus grand par rapport au rayon ρ de la loxodromie que Z sera plus petit :

$$\text{Pour } Z = 40°, 53', 36''2 \quad \frac{\rho'}{\rho} = 0.7559$$

$$\text{Pour } Z = 60°, 00 \ 00 \quad \frac{\rho'}{\rho} = 0.5000$$

$$\text{Pour } Z = 73°, 53' \ 52''4 \quad \frac{\rho'}{\rho} = 0.27735$$

$$\text{Pour } Z = 79°, 06', 23''7 \quad \frac{\rho'}{\rho} = 0.1889826$$

ainsi ρ' tend à devenir égal à ρ quand Z approche de 0° et à devenir nul lorsque Z approche de 90°. La loxodromie est alors une circonférence de cercle et sa développée, on le sait, ne peut être qu'un point.

Si l'on veut exprimer le rayon ρ de la développante d'une loxodromie en fonction du rayon ρ' de celle-ci, on a évidemment :

$$\rho = \frac{\rho'}{\cos Z} \ldots (36).$$

Enfin, pour un loxodromie plane ABCD, les normales AA′, BB′, CC′ sont les rayons de courbure de cette courbe, et on peut exprimer leur valeur en fonction du rayon ρ. On a en effet :

$$\frac{AA'}{AO} = \sin Z, \text{ d'où } r = \rho \sin Z \; \dots \; (37).$$

Le rayon de courbure r de la loxodromie plane est donc une fraction constante du rayon ρ de cette courbe. Pour Z croissant de 0° à 90°, le rapport $\frac{r}{\rho}$ va en croissant de 0 à 1. Le rayon de courbure de la loxodromie plane est égal au rayon de cette courbe lorsque Z est égal à 90°; mais alors, la loxodromie est devenue une série de circonférences de cercle identiques.

Hache-paille à disque plan.

D'après la théorie précédente, un hache-paille à disque doit être muni de couteaux dont le tranchant soit une loxodromie plane d'une

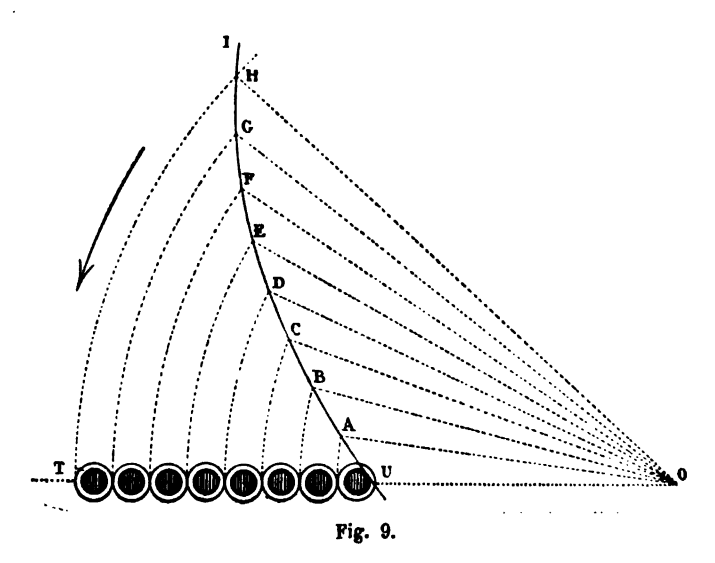


Fig. 9.

certaine inclinaison, 60° par exemple. Soit alors (fig. 9) une bouche UT laissant passer une mince couche de paille et disposée suivant un rayon du disque. Si le tranchant est une loxodromie plane UAB...I, et qu'il tourne dans le sens de la flèche, il est clair que chacun des éléments successifs de ce tranchant, tels que AB, BC, CD...HI, viendra rencontrer la bouche TU suivant un angle de coupe égal à 30° (complément de l'angle Z de la loxodromie) : la coupe se fera donc également bien sur toute la largeur TU de la platine.

En réalité, la bouche présente une ouverture verticale permettant

le passage d'une certaine épaisseur de paille : donc, suivant la hauteur d'ouverture de cette bouche, quelques brins peuvent être rencontrés par le tranchant loxodromique pur suivant des angles plus petits ou plus grands que 30°. Chaque file horizontale de brins de paille qui arrive exige une loxodromie différente, ou plutôt une loxodromie modifiée, de façon que son angle aille en croissant ou en décroissant un peu du centre vers la circonférence. Si, par exemple, la bouche a une ouverture verticale égale au cinquième ou au quart de la largeur, et placée au-dessous de l'horizontale du centre, au lieu de prendre pour Z un angle constant de 60°, il conviendrait de le faire varier de 60° à 72° 30′ 30″, la variation, faible à l'origine, allant en croissant un peu : de 37′ 30″ pour le premier angle de 10 degrés de rotation, elle sera de 46′ pour le 18ᵉ angle de 10 degrés, le tranchant faisant un tour complet.

Or il est rare que le tranchant soit fait pour couper pendant un demi-tour, de sorte qu'on peut le faire suivant une loxodromie vraie, sans qu'il y ait d'irrégularité sensible dans l'angle de coupe. Mais, si l'on croit nécessaire d'avoir un angle de coupe absolument constant, il est facile de modifier la courbe dans le sens que nous venons d'indiquer.

Nous avons supposé, dans la figure 9, que le tranchant commençait à couper la paille au point le plus rapproché du centre en U; dans ce cas, le couteau plan est à tranchant convexe. Mais il est clair que l'on pourrait adopter un couteau à tranchant loxodromique concave commençant à couper par son point le plus éloigné du centre. Les plus anciens hache-paille à disque avaient des couteaux à tranchant concave; les hache-paille modernes ont presque tous des couteaux à tranchant convexe. Quelle est de ces deux formes de couteau la plus avantageuse?

Quand la hauteur MN d'ouverture de la bouche est, comme nous venons de le supposer, en dessous de l'horizontale passant par le centre de rotation, le tranchant loxodromique *convexe* la rencontre de telle sorte que l'angle de coupe, pour les brins de paille placés en haut, est plus petit que pour ceux qui touchent la platine ou lèvre inférieure. C'est le contraire si le couteau loxodromique est à tranchant concave.

Donc si, pour avoir une coupe uniforme sur toute l'épaisseur de la paille avec un couteau convexe, il faut que le tranchant soit une loxodromie à angle Z croissant un peu et de plus en plus

vite; ce serait le contraire pour un couteau à tranchant concave.

Nous avons supposé toute l'ouverture de la bouche en dessous de l'horizontale : si on fait l'hypothèse contraire, on arrive à une modification contraire aussi pour la loxodromie. Mais en ayant soin de mettre la bouche de telle façon qu'une moitié de l'ouverture soit au-dessus et l'autre moitié en dessous de l'horizontale passant par le centre de rotation, on pourra sans crainte adopter un tranchant loxodromique pur, et nous ne pensons pas qu'il soit possible de trouver une différence sensible entre le tranchant concave et le tranchant convexe au point de vue de l'efficacité de coupe. Si la coupe a lieu pendant tout le tour sans intermittence, la résistance de la paille sur un tranchant loxodromique convexe va en croissant. C'est le contraire pour le tranchant concave. Le bras de levier de la puissance motrice agissant sur une manivelle est constant.

Si la coupe a lieu par intermittence, le disque ayant acquis une certaine puissance vive, l'emploi du couteau à tranchant concave paraît préférable, puisque l'on attaque la résistance à fort bras de levier avec de la puissance vive récemment emmagasinée.

Au point de vue de la construction, le tranchant convexe paraît préférable, puisque l'aire totale de ce couteau est notablement moindre, à égalité de largeur de lame, que celle du couteau à tranchant concave. Le poids et le prix du couteau convexe seraient donc moindres que ceux du couteau concave. Enfin, il est plus facile de régler le tranchant convexe de façon qu'il frôle exactement le bord de la platine sur toute sa longueur, surtout s'il faut pour cela tordre un peu la lame ou la cintrer.

Nous renvoyons à notre petit *Traité* sur les hache-paille pour l'étude des moyens qui permettent d'adopter des couteaux à tranchant rectiligne placés sur un disque rotatif.

Hache-paille à tambour cylindrique.

Si les couteaux d'un hache-paille ou d'un coupe-racines doivent être placés sur un *cylindre*, leur tranchant doit faire en tous ses points, avec les diverses génératrices du cylindre, un angle constant Z. La courbe du tranchant a donc encore le *caractère loxodromique*. C'est aussi une hélice dont les propriétés et l'équation sont trop connues pour qu'il soit besoin de les rappeler ici.

Hache-paille à tambour conique.

Lorsque les couteaux d'un hache-paille ou d'un coupe-racines doivent être placés sur une surface conique de révolution, leur tranchant doit faire avec les génératrices successives qu'il rencontre un angle Z constant. C'est donc encore une loxodromie, la loxodromie conique.

Soit (fig. 10) AB un *élément* de cette courbe, SBC et SAD les génératrices du cône passant par les points B et A de la courbe ; soit BQ l'arc de cercle décrit dans un plan parallèle à la base du cône. Abaissons de B, de A et de Q des perpendiculaires sur le plan de

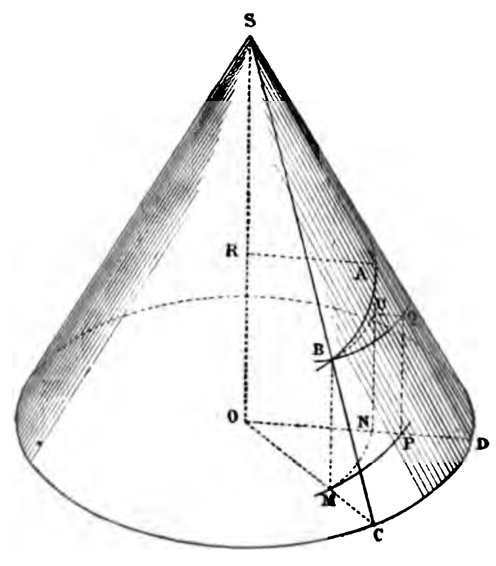


Fig. 18.

cette base : leurs pieds, M, N et P seront les projections horizontales des points A, B et Q, de la surface conique. Puisque AB fait avec la génératrice SA l'angle Z constant, on a

$$\frac{AQ}{AB} = \cos Z.$$

La ligne MP, projection horizontale de l'arc de cercle BQ, est aussi un arc de cercle égal à BQ et concentrique avec l'arc CD de la base du

cône. On a donc, dans le triangle mixtiligne de projection MNP, un angle droit P : puisque l'arc de cercle infiniment petit MP se confond avec la tangente, qui doit être perpendiculaire sur le rayon OD. Le côté MP de l'angle droit NPM est égal à BQ, côté de l'angle droit dans le triangle élémentaire AQB; mais l'hypothénuse MN du triangle inférieur est plus petite que l'hypothénuse AB du triangle supérieur; et NP, le second côté de l'angle droit, est plus petit que AQ. Cela posé, si nous représentons par δ l'angle d'une génératrice quelconque du cône avec l'axe SO, il est clair que l'on a :

$$\frac{QU}{AQ} = \sin \delta, \text{ d'où } QU, \text{ ou son égal } NP = AQ \sin \delta.$$

Dans le triangle rectangle NMP on a :

$$\frac{NP}{MN} = \sin NMP; \text{ or, } MN \text{ est égal à } BU.$$

et, dans le triangle vertical AUQ, on a :

$$UQ \text{ égal à } NP \text{ et } \frac{AU}{AQ} = \cos \delta; \text{ mais } \frac{AQ}{AB} = \cos Z;$$

donc

$$AU = AQ \cos \delta = AB \cos Z \cos \delta \ldots (36), \text{et } UQ = NP = AQ \sin \delta = AB \sin \delta \cos Z \ldots (37)$$

donc d'autre part on a :

$$\frac{BQ}{AB} = \sin Z.$$

Par suite, MN, qui est l'élément de la courbe loxodromique projetée, a sur le rayon une inclinaison que l'on peut déterminer. On a effet:

$$\operatorname{tg} PNM = \frac{MP}{NP} = \frac{BQ}{UQ} = \frac{AB \sin Z}{AB. \sin \delta \cos Z} = \operatorname{tg} Z \times \frac{1}{\sin \delta} = \operatorname{tg} Z \operatorname{cosec} \delta \ldots (38).$$

Pour tout autre élément de la projection de la loxodromie conique, nous aurions la même valeur de tangente. Donc cette projection est une loxodromie plane, dont l'inclinaison Z′ est telle que l'on ait: $\operatorname{tg} Z' = \operatorname{tg} Z \operatorname{cosec} \delta$ (38) ou $\operatorname{cotg} Z' = \operatorname{cotg} Z' \sin \delta$... (39).

Lorsque l'angle de coupe désirable est connu, son complément est l'angle Z de la loxodromie conique : par suite on peut déterminer de suite l'angle Z′ de la projection, qui est une loxodromie plane facile à tracer ou à calculer, d'après ce que nous avons dit précédemment. Connaissant les rayons de la loxodromie plane, on déterminera facilement ceux de la loxodromie conique correspondante, puisque l'on a :

$$\frac{VA}{SA} = \sin \delta.$$

VA est un rayon ρ de la loxodromie plane et SA le rayon R de la loxodromie conique correspondante. Donc $\rho = R \sin \delta$: d'où $R = \rho \operatorname{cosec} \delta$ (40). Les rayons de la loxodromie conique sont donc égaux à ceux de la loxodromie plane multipliés par un coefficient constant, coséc. δ, dont la grandeur dépend de l'angle du cône.

Discussion. — Lorsque le cône est très-ouvert et que δ atteint presque 90°, l'équation (39) devient : $\operatorname{cotg} Z' = \operatorname{cotg} Z \times \sin 90°$ d'où $Z' = Z$, ce qui doit être, puisque alors le cône est un plan.

Lorsque le cône est presque fermé, c'est-à-dire lorsque δ est égal à 0°, la même équation donne $\operatorname{cotg} Z' = \operatorname{cotg} Z \times \sin 0° = 0$. C'est-à-dire que la cotangente de l'angle de la loxodromie plane projection de la loxodromie cylindrique, est nulle. Donc $Z' = 90°$. En effet, la projection d'une hélice cylindrique sur le plan de sa base est une circonférence de cercle que l'on peut considérer comme une loxodromie plane dont l'angle est droit.

Résumé.

La recherche de la forme qu'il convient de donner aux tranchants des couteaux de hache-paille et de coupe-racines nous a conduit à la constatation de l'existence d'une famille de courbes que l'on peut grouper sous le nom de loxodromies.

Elles ont pour caractère commun de *couper sous le même angle* une série de lignes partant d'un même point.

Lorsque ce sont les méridiens d'une sphère, on a la *loxodromie des navigateurs*, qui est connue depuis longtemps.

Lorsque ce sont les rayons d'un cercle, on a la *loxodromie plane*, qui est la courbe des *tranchants* de *hache-paille* ou de *coupe-racines* à disque.

L'équation de cette courbe est :

$$\theta = \frac{360}{2\pi} \operatorname{tg} Z \left[\log \text{hyp. } R - \log \text{hyp. } \rho\right].$$

Dans cette équation, Z est l'angle constant des éléments de la courbe avec les rayons ρ; θ est l'angle compté à partir du premier rayon R.

La longueur développée d'un arc de cette loxodromie plane est donnée par l'équation :

$$S = \frac{1}{\cos Z} (R - \rho) \dots (25).$$

On peut aussi adopter pour calculer les rayons de cette courbe l'équation :

$$\rho = R\,(1-k)^{\theta} \ldots (28),$$

ρ et R étant un rayon quelconque après une rotation θ et le rayon initial, et k un nombre constant dépendant de l'inclinaison Z de la courbe.

Cette forme d'équation montre que la loxodromie plane est une spirale logarithmique.

La loxodromie tracée sur un cylindre est une *hélice*.

La loxodromie tracée sur un cône a pour projection, sur la base du cône droit, une loxodromie plane dont l'angle Z' est donné par la relation : $\cot Z' = \cot Z \sin \delta$, l'angle δ étant l'angle d'une génératrice du cône avec son axe.

On a aussi, pour valeur du rapport du rayon ρ de la loxodromie conique à celui ρ' de sa projection :

$$\frac{\rho}{\rho'} = \frac{1}{\sin \delta} \ldots (32).$$

ÉTUDES

SUR LA CULTURE DU LIN A L'AIDE DES ENGRAIS CHIMIQUES

PAR

M. A. LADUREAU,
Directeur de la Station agronomique du Nord.

Nos recherches sur la culture et les maladies du lin nous ont amené tout naturellement à étudier quels sont les engrais qui conviennent le mieux à la production de cette plante textile. C'est ce qui a fait l'objet de nos études de cette année.

Nous avons disposé deux champs d'expériences, l'un sur les terres de notre collègue, M. Lepeuple-Lecouffe, cultivateur et producteur de graines de betteraves à Bersée, l'autre sur celles de M. Derôme, de Bavay; nous y avons répandu, peu de temps avant les semailles, un certain nombre d'engrais divers, complets et incomplets, dont nous allons donner ci-après la liste et la composition, d'après les analyses que nous en avons faites. Nous nous occuperons d'abord du champ d'expériences de Bersée.

Nous y avons essayé les dix genres de fumures suivants :

TABLEAU N° I. — CHAMP D'EXPÉRIENCES DE BERSÉE.

Nos D'ORDRE.	NATURE DE L'ENGRAIS.	SON POIDS à l'hectare.	SA RICHESSE EN AZOTE.	SA RICHESSE EN ACIDE phosphorique	SA RICHESSE EN POTASSE.
1	Tourteau d'arachides........	2000	7.45 %	1.20 %	0.32 %
2	Nitrate de potasse.	500	13.72	»	45.60
3	Engrais spécial pour lin.....	1500	3.02	9.80	8 00
4	Sulfate de potasse et de magnésie......................	1000	»	»	17.33
5	Engrais de potasse concentré	1000	»	»	24.73
6	400 k. superph. + 200 k. nit. de potasse + 400 k. plâtre..	1000	2.75	5.62	9.12
7	300 k. superph. + 300 k. engrais de potasse + 400 k. nit. de soude..................	900	4.42	4.22	7.40
8	500 k. superph. + 500 k. engrais de potasse..........	1000	»	7.20	22.80
9	Superphosphate seul........	1800	»	14.40	»
10	Engrais complet (*dit du Grand Clos*)....................	1200	6.73	4.05	3.55

Avant de donner les résultats que nous avons recueillis de cette expérimentation, nous devons faire remarquer que dans ce champ, de même que dans celui de Bavay, le lin a été ensemencé assez tard, qu'il a été versé par places par les orages de l'été et que plusieurs parcelles ont donné des produits qui ne permettent guère de bien apprécier ce que l'on eût obtenu dans une année moins favorable à une végétation trop abondante.

Tous les chiffres du tableau qui suit ont été rapportés à l'hectare, bien que la superficie de chaque carré n'ait été que de quelques ares.

L'appréciation de la valeur commerciale aux 100 kilogrammes a été faite par un homme du métier. Quoique cette appréciation n'ait rien d'absolu, elle peut être néanmoins intéressante au point de vue de la comparaison des valeurs respectives des fibres obtenues sur chacun des carrés d'expériences.

Les poids de lin brut, de paille, de graines, de lin roui et teillé, ont été relevés avec grand soin. C'est un travail assez long, qui n'avait pas encore été fait aussi complétement jusqu'ici, à notre connaissance du moins, et qui peut seul permettre d'apprécier sainement les différences produites par l'emploi des divers genres de fumures soumis à l'expérimentation. Car il ne suffit pas seulement de dire : tel ou tel engrais produit tant de kilog. de tiges; tel autre en

produit 10 ou 20 pour 100 en plus ou en moins, pour conclure à l'efficacité de l'engrais employé. Certaines fumures surexcitent la végétation du lin et produisent un poids brut beaucoup plus élevé que d'autres, mais cela souvent au détriment de la finesse et de la qualité de la fibre textile, de sorte qu'au lieu d'avoir un résultat final plus avantageux, on a en fin de compte un déficit dans le produit commercial, par suite de la moins-value de la fibre au point de vue marchand. C'est cette considération très-importante qui nous a engagé à compléter les premiers renseignements donnés par l'évaluation brute de la récolte, par ceux que l'on pouvait tirer du poids des mêmes lots, après les avoir soumis au rouissage et au teillage, opérations qui, comme chacun le sait, ont pour but de séparer la fibre textile de la tige ligneuse et des matières organiques diverses qui l'accompagnent.

Voici donc le tableau des résultats que nous avons obtenus sur le champ d'expériences de Bersée :

TABLEAU N° II. — RENDEMENT A L'HECTARE.

Nos D'ORDRE.	DÉSIGNATION DE L'ENGRAIS.	RENDEMENT A L'HECTARE						VALEUR DE LA RÉCOLTE.
		POIDS BRUT.	POIDS en paille.	POIDS en graines.	POIDS du lin roui.	POIDS du lin teillé.	VALEUR commerciale p. 100 kil.	
		k.	k.	k.	k.	k.	fr.	fr.
1	Tourteaux d'arachides......	5488	5188	300	3469	930	120	1215
2	Nitrate de potasse.........	3978	3525	453	3119	890	210	1982
3	Engrais complet pour lin...	6199	5807	392	3896	1000	140	1486
4	Sulfate de potasse et de magnésie..................	6493	6140	353	4116	1050	150	1663
5	Engrais de potasse concentré.	5277	4887	390	3253	830	160	1425
6	Nitrate de potasse, superphosphate et plâtre..........	6518	6133	385	3793	990	170	1779
7	Nitrate de soude, superphosphate et engrais de potasse.	5901	5511	390	3804	1010	190	2016
8	Superphosphate et engrais potassique..............	6518	6149	370	4083	1100	165	1907
9	Superphosphate seul.......	6369	6048	320	3719	800	170	1440
10	Engrais organique (*dit du Grand Clos*).............	5286	5033	253	3908	830	120	1060

La valeur de la récolte représente le produit des graines au prix

moyen de 33 francs les 100 kil. joint au produit du lin teillé aux prix d'estimation relevés dans la huitième colonne. On reconnaît, à l'examen de ces chiffres, que c'est l'engrais complet (n. 7) renfermant les trois éléments utiles : azote, acide phosphorique et potasse, qui a produit la récolte la plus lucrative. En second lieu vient le nitrate de potasse, qui renferme une dose élevée de potasse et d'azote, puis le mélange de superphosphate et d'engrais potassique, et en dernier lieu l'engrais organique dit *du Grand Clos*, dont les éléments sont probablement d'une assimilation trop lente pour convenir aux besoins de cette plante à croissance rapide ; il ne peut en effet soutenir la comparaison même avec les tourteaux d'arachides, qui pourtant ne renferment guère que de l'azote à l'état organique, et une très-faible proportion d'acide phosphorique et de potasse.

L'avantage reste, en tous cas, aux engrais renfermant une dose de potasse élevée, tant au point de vue de la valeur totale de la récolte qu'à celui de la qualité et de la finesse de la fibre. C'est en effet le nitrate de potasse qui a donné la fibre la plus fine et celle dont la valeur est la plus élevée, puis l'engrais n° 7, etc.

Nous ne trouvons pas ici un rapport bien défini entre la qualité de la fibre et la quantité des graines produites. Il faut remarquer toutefois que c'est encore le nitrate de potasse qui a produit le poids de graines le plus considérable, et que les engrais organiques, tourteaux d'arachides et engrais dit *du Grand Clos*, viennent encore en dernière ligne.

Il ressort également de la comparaison des chiffres précédents que les récoltes dont les poids bruts sont les plus élevés sont aussi généralement celles dont la valeur commerciale est la plus faible. Ce fait est analogue à celui que nous avons maintes fois constaté dans la culture de la betterave, où nous voyons les racines pauvres en sucre donner des rendements en poids à l'hectare souvent très-supérieurs à ceux que l'on obtient avec des racines d'une richesse saccharine élevée. Il nous paraît probable que, pour le lin, c'est la grosseur des tiges qui influe sur leur poids et sur la qualité des fibres que l'on en extrait : de grosses tiges donnent des poids élevés en lins bruts, et même en lins rouis et teillés; mais comme la fibre est plus grosse, plus commune, elle a par suite une valeur moindre : c'est ce que nous disions en commençant. Nous nous proposons de suivre ces recherches durant quelques années et nous verrons par la suite si l'expérience confirme la théorie que nous émettons aujourd'hui.

Nous allons passer à l'examen des résultats de notre second champ d'expériences, situé, comme nous l'avons dit plus haut, à Bavay (Nord), sur une bonne terre à blé argilo-calcaire, n'ayant pas porté de lin de mémoire d'homme et très-convenablement disposée pour notre expérimentation. Malheureusement, de même que pour le champ de Bersée, nous n'avons pu l'ensemencer que très-tard en saison, ce qui a influencé beaucoup les résultats. Les orages l'ont également versé par places, de sorte que sa qualité est généralement assez médiocre. Néanmoins, comme toutes les parcelles ont été semées en même temps et ont participé aux mêmes phénomènes météorologiques, l'examen comparatif des chiffres qu'il nous a donnés peut offrir assez d'intérêt pour que nous n'hésitions pas à les présenter, d'autant plus que, comme nous l'avons dit plus haut, ces recherches vont être suivies par nous durant un certain nombre d'années, et que les résultats de nos études de cette campagne seront corroborés ou modifiés par ceux des campagnes prochaines.

Les engrais employés sur le champ de Bavay n'étaient pas tous les mêmes que ceux que nous avons expérimentés à Bersée. En voici la nomenclature ainsi que la richesse en éléments fertilisants (tableau 3).

TABLEAU N° III. — ENGRAIS EMPLOYÉS SUR LE CHAMP D'EXPÉRIENCES DE BAVAY.

Nos D'ORDRE.	NATURE DES ENGRAIS EMPLOYÉS.	LEUR POIDS à l'hectare.	LEUR RICHESSE CENTÉSIMALE EN		
			AZOTE.	ACIDE phosphorique	POTASSE.
		k.			
1	Tourteaux d'arachides......	2000	7.45 %	1.20 %	0.32 %
2	Sulfate de potasse et de magnésie..................	1000	»	»	17.33
3	Engrais potassique concentré.	1000	»	»	24.73
4	Tourteaux de lin...........	2000	4.53	1.92	0.47
5	Superphosphate d'os........	600	0.80	15.70	»
6	500 k. superph. + 500 k. engrais potassique...........	1000	0.40	7.85	12.36
7	Nitrate de potasse..........	500	13.72	»	45.60
8	Nitrate de soude............	500	16.00	»	»
9	500 k. nitrate de potasse + 200 k. superphosphate	700	6.86	3.40	22.80
10	300 k. engrais potass., nitrate de potasse et superph. d'os.	900	4.40	4.65	21.00
11	Engrais spécial pour lin (n° 1)	1000	2.90	9.70	8.10
12	Engrais sans potasse........	1000	6.45	9.50	»
13	Engrais complet (n° 2)......	1000	4.20	6.60	13.80
14	Sans engrais...............	»	»	»	»
15	Autre engrais pour lin (n° 3)	1000	2.90	9.70	8.10
16	Engrais composé pour lin (n° 4)	1000	4.00	6.28	9.12
17	Tourteaux d'arachides......	2000	7.45	1.20	0.32

Les engrais complets (1) et (3) des carrés n. 11 et 15 sont les mêmes. On a employé la même formule à deux places différentes pour s'assurer de l'exactitude des résultats obtenus ; ces résultats sont presque identiques. L'engrais complet n° 2 (du carré 13) renferme une proportion de potasse plus considérable que celle de l'engrais n° 1.

Enfin l'engrais complet n° 4 était composé comme suit :

Superphosphate	400	kilogr.
Nitrate de potasse	200	—
Sulfate d'ammoniaque	60	—
Plâtre	340	—
Total	1000	kilogr.

C'est, comme on le voit, un engrais exclusivement chimique, renfermant de l'azote ammoniacal et nitrique, de la potasse, de l'acide phosphorique assimilable, en proportions assez élevées. Les engrais 2 et 3 : sulfate de potasse et de magnésie et engrais potassique concentré, proviennent des mines de Stassfurth en Bohême et renferment les sels suivants, combinés entre eux de diverses manières : sulfate de potasse, sulfate de magnésie, chlorures de potassium et de sodium, sulfate de chaux. Ce sont des sels naturels que l'on extrait du sol et qui servent à l'état brut, sous le nom de *kaïnit*, à l'agriculture, comme sels potassiques et magnésiens, et à un autre emploi que nous voudrions ne pas devoir signaler, à la falsification des nitrates de soude du commerce.

Soumis à des dissolutions et à des cristallisations successives, ces sels sont séparés les uns des autres et livrés à la culture à divers états de pureté et à des prix variant suivant leur richesse réelle en potasse pure. On peut s'en procurer des quantités considérables à des prix relativement assez bas ; aussi avons-nous cru devoir en faire l'essai sur le lin, plante qui a un besoin si impérieux de cet élément. Tous les engrais qui ont été expérimentés dans ce champ et dans le précédent ont été analysés par nous afin de nous rendre un compte exact des quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse que nous introduisions dans le sol par leur emploi.

Nous avons été aidé pour le traitement industriel des lins de ce champ par notre collègue du Comice agricole de Lille, M. Vallet-Rogez, négociant en lins à Lille, qui a bien voulu se charger de leur rouissage et de leur teillage. L'estimation de leur valeur commerciale a été faite avec la gracieuse collaboration de M. A. Re-

nouard, manufacturier à Lille, filateur de lin, lauréat de la Société industrielle du Nord pour son très-remarquable ouvrage sur l'industrie de la filature de lin: c'est dire que les appréciations émanant d'une source aussi autorisée doivent être regardées comme aussi rigoureusement exactes que possible. On trouvera dans le tableau n° 4 ci-après les résultats obtenus sur ce deuxième champ de Bavay, le tout rapporté également à l'hectare, afin de mieux fixer les idées.

Ajoutons, en passant, que nous mettrons de nouveau du lin sur ce champ l'année prochaine, afin de reconnaître s'il est possible de se livrer deux années de suite, à Bavay, à cette même culture, et de voir de plus si l'effet des engrais expérimentés cette année se fait encore sentir sur la récolte de l'année suivante.

Le champ avait été, par mes conseils, entouré d'avoine de tous les côtés, cette avoine étant destinée à recevoir les insectes appartenant à la famille des *thrips*, que nous avons étudiés et décrits dans un précédent mémoire, et auxquels nous attribuons la cause de la maladie connue dans notre pays sous le nom de *brûlure* du lin.

Il est à remarquer que cet ennemi du lin n'existait qu'en très-petit nombre sur le champ de Bavay, ce qui nous fait espérer pouvoir en récolter sur la même terre l'année prochaine et éviter cette maladie.

TABLEAU N° IV. — CHAMP D'EXPÉRIENCES DE BAVAY.

N° DU CARRÉ.	NATURE DES ENGRAIS EMPLOYÉS.	POIDS A L'HECTARE EN					VALEUR COMMERCIALE p. 100 k.	VALEUR DE LA RÉCOLTE d'après cette estimation.
		TIGES BRUTES.	PAILLE.	GRAINES.	LIN ROUI.	LIN TEILLÉ.		
		k.	k.	k.	k.	k.	fr.	fr.
1	Tourteaux d'arachides......	4400	3800	600	1250	190	50	293
2	Sulfate de potasse et de magnésie..................	4000	3200	800	3300	800	125	1264
3	Engrais potassique.........	3700	3200	600	3000	550	115	830
4	Tourteaux de lin...........	3900	3400	500	3000	320	60	357
5	Superphosphate d'os.......	4050	3450	600	3300	420	115	682
6	Superphosphate et engrais potassique................	4700	4100	600	3800	500	115	773
7	Nitrate de potasse..........	4200	3900	300	3600	400	70	379
8	— soude...........	4000	3500	500	»	»	»	165
9	Superphosphate et nitrate de potasse..................	4100	3600	500	3500	330	60	363
10	Superphosphate, nitrate de potasse, engrais potassique.	3900	3500	400	3100	350	60	342
11	Engrais complet pour lin n° 1.	4400	3900	550	3800	420	60	437
12	Engrais sans potasse.......	4200	3700	500	3500	200	60	285
13	Engrais complet n° 2.......	4200	3650	550	3500	420	80	418
14	Rien.....................	4000	3300	700	3200	700	115	1036
15	Engrais pour lin n° 3......	4400	4200	600	3600	420	60	450
16	Engrais pour lin n° 4......	4400	3800	600	3400	450	80	558
17	Tourteaux d'arachides......	4500	3900	600	1200	180	50	288

Il ressort de l'examen des chiffres de ce tableau que ce sont les engrais à base de potasse (carrés 2, 3, 6) qui ont donné les résultats les plus avantageux au triple point de vue du poids élevé en graines, en lin roui et teillé, et de la finesse et de la qualité de la fibre. Dans ces quatre carrés en effet, le lin teillé a une valeur d'environ 1 fr. 15 à 1 fr. 25 le kil., tandis que cette valeur décroît rapidement et tombe de 0 fr. 80 à 0 fr. 50 pour les autres lots.

Le carré 8 n'a pas donné de résultats ni au teillage, ni au rouissage, parce que, dès cette dernière opération, on a reconnu qu'on ne pouvait en tirer aucun parti ; on ne pouvait faire que de l'étoupe avec la fibre obtenue avec le lin de ce lot et on préféra la laisser de côté. On ne lui avait donné que du nitrate de soude : or le lin, comme nous le voyons, n'a pas besoin d'engrais azotés, dans des terres de bonne qualité ayant une certaine provision d'anciennes fumures, comme celles sur lesquelles ont été faites ces études; de plus, il absorbe une quantité assez élevée de *potasse*, qui paraît être absolument indispensable à son développement; mais il ne peut comme certaines plantes, la betterave entre autres, remplacer cette base par sa voisine, la *soude;* en effet, dans toutes les analyses que nous avons faites jusqu'ici des plantes de lin en tiges, nous avons trouvé dans les cendres une proportion considérable de potasse et toujours fort peu de soude. On devait donc s'attendre, en ne donnant à la plante que de l'azote et de la soude, au moyen du nitrate de soude, à obtenir des résultats très-désavantageux, et c'est ce qui est arrivé en effet.

En un mot, plus la quantité de potasse et de magnésie a été élevée, plus aussi la récolte a été abondante en graines et meilleure a été la qualité de la fibre. Ce point se dégage très-nettement de notre expérimentation, car ce sont les champs n° 2 et 3, sur lesquels on a employé les engrais potassiques seuls, à la dose de 170 et 250 kil. de potasse pure à l'hectare, qui occupent la tête du classement que nous présentons dans le tableau ci-après n° 5.

Nous devons faire remarquer qu'il ne faut pas attacher une trop grande importance aux chiffres de ce tableau, qui n'ont guère qu'une valeur relative, à cause : 1° de l'époque très-tardive à laquelle le lin de ce champ avait été ensemencé; 2° de la verse qu'il a subie sur presque toutes ses parcelles; ces deux causes en ont réduit beaucoup le rendement et en ont diminué la qualité.

TABLEAU N° V. — CLASSEMENT DES CARRÉS D'ESSAI D'APRÈS LA VALEUR DE LA RÉCOLTE.

NUMÉRO DU CLASSEMENT.	NUMÉRO DU CARRÉ.	NATURE DE L'ENGRAIS EMPLOYÉ.	VALEUR DE LA RÉCOLTE.
			fr.
1	2	Sulfate de potasse et de magnésie	1264
2	14	Rien	1036
3	3	Engrais potassique	830
4	6	— et superphosphate	773
5	5	Superphosphate d'os	682
6	16	Engrais pour lin n° 4	558
7	15	— n° 3	450
8	13	— n° 2	418
9	11	— n° 1	417
10	7	Nitrate de potasse	379
11	9	— et superphosphate	363
12	4	Tourteaux de lin	357
13	10	Superphosphate, nitrate de potasse, engrais potassique	342
14	1	Tourteaux d'arachides	293
15	17	—	288
16	12	Engrais sans potasse	285
17	8	Nitrate de soude	165

Un fait assez digne de remarque et qui prouve combien la terre sur laquelle on a opéré est de bonne qualité et convient à cette culture, c'est que le carré 14, sans engrais, est un de ceux sur lesquels on a obtenu les meilleurs résultats. Cela montre une fois de plus que l'emploi irrationnel des engrais spéciaux peut parfois être non-seulement inutile, mais même désavantageux. On peut en tirer également cette conclusion qne les engrais qui conviennent le mieux au lin sont ce que l'on appelle les vieilles graisses, c'est-à-dire les arrière-fumures, demeurées dans le sol pendant de longs mois et s'y trouvant, par suite, dans un état de décomposition et de division qui en facilite l'absorption et l'assimilation par les plantes.

Il faut remarquer également que les carrés 2, 3 et 14, qui ont donné les poids les moins élevés en tiges brutes, sont aussi ceux qui ont eu le plus fort rendement en lin teillé, et en même temps ceux dont la fibre avait la meilleure qualité. Or, ces carrés n'ont pas reçu la moindre quantité d'azote, on ne leur a donné que de la potasse et de la magnésie.

Nous devons en conclure qu'il est inutile de donner au lin des aliments azotés, du moins dans les terres de bonne qualité et conve-

nablement préparées. On doit donc proscrire dans la culture du lin l'emploi des doses élevées de fumier, de guano, de tourteaux, de déchets de laine et d'autres engrais presque exclusivement azotés que la plupart des cultivateurs y consacrent habituellement; nous croyons que la meilleure manière de le cultiver pour avoir un rendement élevé et belle qualité, est de le semer dans un sol renfermant une provision suffisante d'éléments fertilisants sous forme d'arrière-fumures, auquel on ajoutera à l'époque des semailles de 500 à 1000 kil, de sels de potasse et de magnésie, suivant les terrains.

ÉTUDES DE 1878.

Nous avions institué un nouveau champ d'expériences cette année, avec divers engrais, dans la culture de M. Derôme, de Bavay, et comptions en rendre compte comme nous venons de le faire pour celui de 1877; mais cela ne nous est malheureusement pas possible, par suite de la négligence du chef de culture, qui a mélangé toutes les bottes de lin des carrés d'essai les unes avec les autres, sans tenir compte des instructions que nous lui avions données. Nous n'avons donc pu prendre les poids de chacune des parcelles d'expérimentation et nous ne pouvons que donner une appréciation générale basée sur l'examen que nous avons fait à diverses reprises du champ d'expériences.

Nous avions remis du lin cette année sur notre champ d'études de l'an dernier, sans y ajouter de nouvel engrais, afin de constater l'effet des parties non absorbées par la culture de l'année précédente. Ce lin a végété régulièrement, il n'a pas paru souffrir de la maladie. Nous n'avons vu sur lui qu'une très-petite quantité de *thrips*, mais il était plus maigre, beaucoup moins nourri, moins serré que dans le champ d'expériences voisin, où nous avions employé des engrais nouveaux.

Nous avons remarqué encore dans ce dernier champ l'influence favorable des sels de potasse et de magnésie, avec lesquels le lin paraissait vigoureux, serré et en même temps d'une grande finesse, tandis que les engrais organiques donnaient des tiges beaucoup plus vertes, plus grosses, mais de qualité inférieure.

Voici quelle avait été notre appréciation lors de notre dernière visite : Lin de mauvaise qualité, très-gros de tige, sur les parcelles

fumées avec les tourteaux d'arachides, de lin, de chanvre, le nitrate de soude et le fumier de ferme.

Lin de médiocre qualité sur les carrés où l'on avait mis du nitrate de potasse seul, du superphosphate seul, un mélange de nitrate de potasse et de superphosphate et quelques mélanges d'engrais complets organiques et chimiques.

Enfin, le lin était très-beau comme longueur et comme qualité de fibre sur les parcelles où l'on avait employé les engrais potassiques et magnésiens dont nous avons parlé plus haut ; sur la parcelle sans engrais, il présentait également une fort belle apparence comme qualité, mais était de $0^m,10$ environ moins long que sur les autres carrés d'essai.

Nous regrettons vivement de ne pouvoir donner sur cette expérience de renseignements plus précis, et remettons la suite de cette étude à l'année prochaine.

BRÛLURE DU LIN.

Nous ne voulons pas clore ce travail sans dire quelques mots de ce que nous ont montré nos dernières recherches sur cette singulière maladie que nous avons déjà étudiée depuis plusieurs années. Nous avons examiné un certain nombre de champs atteints en totalité ou partiellement par ce fléau, et avons, comme précédemment, reconnu sur tous la présence du *Thrips lini*. Plusieurs champs que nous avons vus ont dû être labourés entièrement; sur d'autres, les dégâts se sont localisés et n'ont pas dépassé certaines limites. La plupart des champs atteints avaient été fumés avec des vidanges de ville, du fumier de ferme et du guano. Cependant nous avons vu la brûlure se produire également dans des champs où l'on avait employé les engrais chimiques. Nous avons prélevé un nombre considérable d'échantillons de plantes malades et d'autres saines, et nous avons remarqué, comme nous l'avons déjà annoncé dans un précédent mémoire, que les racines des plantes atteintes de cette maladie présentaient généralement une atrophie particulière, analogue à celle que le phylloxera produit sur les racines de la vigne. Cette atrophie est caractérisée au début de la maladie par un grand nombre de petites taches rougeâtres, en creux, sur les racines principales, et par de petites nodosités charnues sur le chevelu. Ayant étudié ce phé-

nomène, nous avons reconnu que les taches en question ne pouvaient être imputables qu'aux morsures du thrips à l'état de larve, au moment où il vient d'éclore de l'œuf déposé en terre, et avant qu'il n'ait gagné les parties supérieures de la plante. Nous l'avons surpris bien des fois à l'endroit même où il était occupé à exercer ses ravages. Si les attaques de ces parasites à cet état sont nombreuses, le lin ne peut y résister et brûle du pied, comme disent les cultivateurs. Si elles sont peu importantes et que les racines aient assez de vigueur pour pouvoir les supporter, et qu'alors l'insecte monte au sommet de la tige, le lin peut brûler de la tête sous ses attaques; il *frise* et meurt en peu de temps, ou parfois continue à végéter, mais péniblement et sans prendre d'accroissement.

Nous avons fait quelques essais d'insecticides, le pétrole émulsionné dans l'eau alcaline, la naphtaline, etc., et avons remarqué que ces insecticides ne pouvaient guère atténuer le mal : ils détruisent l'insecte momentanément, mais les dégâts qu'il a commis sur la plante subsistent toujours, et celle-ci a parfois beaucoup de peine à s'en relever. Le tabac en décoction nous a paru donner encore les meilleurs résultats, surtout quand on y avait additionné une certaine quantité de sels de potasse; mais nous devons ajouter une observation qui nous paraît avoir une très-grande importance : nous n'avons pas remarqué le moindre phénomène de brûlure dans les champs de lin qui ont été ensemencés tard, dans le courant du mois de mai, tandis que des champs situés dans le voisinage et ensemencés un mois plus tôt étaient atteints de cette maladie.

Il y a donc peut-être là un moyen simple et facile à employer d'éviter cette terrible maladie. Cela tient probablement à ce que les larves du thrips, qui éclosent généralement vers les premiers jours de mai, sous l'influence des premières chaleurs du printemps, sont mortes faute d'aliments, et qu'elles ne peuvent alors exercer leur action funeste sur les jeunes plantes dès le début de leur végétation. Nous livrons cette observation à ceux qu'elle peut intéresser, et nous nous proposons de continuer ces recherches et d'en publier ultérieurement les résultats.

SUR LA

TRANSFORMATION DES SUCRES CRISTALLISABLES EN GLUCOSES

OU DÉRIVÉS DE GLUCOSE PENDANT LA FABRICATION OU LE RAFFINAGE.

Suite à l'étude du coefficient mélassigène de la glucose.

PAR

M. DURIN.

Chimiste industriel.

Dans une précédente étude (1), nous avons cherché à établir dans quelles limites l'existence de la glucose dans les sirops sucrés influençait la cristallisation du sucre de canne. Il résulterait des expériences que nous avions faites que la glucose, quelle que fût sa quantité relative, ne paralysait pas une proportion de sucre de canne aussi considérable qu'on l'admettait. Cependant, comme il est dangereux de fixer des chiffres trop absolus, lorsque les mélanges sont complexes, lorsque les sirops contiennent, outre du sucre de canne et de la glucose, des sels, des matières organiques peu connues, ayant eux-mêmes un pouvoir mélassigène chimique ou physique certain, mais difficile à déterminer isolément, nous avions concédé un coefficient mélassigène de 1 pour les glucoses; et cela bien que nos expériences nous eussent amené à un chiffre bien inférieur; le chiffre réel, suivant nous, n'atteint pas 0,50 à 0,60, et même parfois il est négatif, le coefficient salin étant 4.

Cette opinion était appuyée non-seulement par nos propres recherches, mais aussi par les travaux antérieurs de M. Dubrunfaut, qui considérait le coefficient 2, comme impossible, et par M. Pellet, qui attribuait, comme nous, un coefficient *inférieur à* 1, aux glucoses des sirops sucrés.

Les coefficients salin et glucosique une fois admis, il semblait que la valeur commerciale et le taux de l'impôt pouvaient être fixés. M. Aimé Girard a considéré les chiffres auxquels nous étions arrivés comme exacts dans l'état actuel de la question; mais il a remarqué que les glucoses, s'ils ne paralysaient la cristallisation du sucre de canne que dans des limites peu importantes, avaient un pouvoir

(1) *Annales agronomiques*, tome I, page 412. — 1875.

propre destructif du sucre de canne, et a conclu à ce que cette quantité de sucre détruit fût ajoutée au coefficient de cristallisation.

Il est évident que ce serait de toute justice de faire supporter au sucre brut, devant le vendeur et devant l'impôt, le tort que sa composition peut faire subir, quelles que soient les formes sous lesquelles ce tort se manifeste.

Lorsqu'on maintient pendant un certain temps, à une certaine température, des sirops de sucre contenant de la glucose, la proportion de glucose augmente d'une façon un peu irrégulière ; mais en faisant une moyenne des divers résultats constatés, le pouvoir générateur de glucose nouvelle par la glucose préexistante a été évalué par M. A. Girard à une quantité égale à celle-ci. En un mot, une partie de glucose provoquait la formation d'une nouvelle partie égale, dans des conditions déterminées, bien entendu, de temps et de température. Les coefficients mélassigènes étaient donc, de ce fait :

1 pour l'atténuation de sucre cristallisé
1 pour la destruction du sucre cristallisable.

Cette constatation des propriétés génératrices de la glucose par la glucose était nouvelle, et nous avons cru nécessaire de rechercher si, dans l'augmentation de la glucose préexistante, il y avait preuve d'une action nécessaire de cette glucose dans toutes les conditions. En un mot si la glucose était par elle-même génératrice de glucose, ou s'il y avait dans cette augmentation enfin de simples coïncidences ou une action conditionnelle dépendante de causes étrangères faciles à éviter.

Il est évident que si la glucose maintenue au contact du sucre de canne en métamorphose forcément une certaine fraction, si cette action, restée ignorée jusqu'à présent, est une des propriétés essentielles de la glucose, les inversions du sucre de canne opérées par la glucose préexistante doivent être constantes, proportionnelles et de plus doivent s'accroître suivant une progression géométrique, puisque chaque partie de glucose nouvelle devient aussitôt agent générateur de glucose.

Nous avions donc à chercher :

1° Si le sucre cristallisable pur, dépouillé de toute trace de glucose et maintenu dans les conditions où a lieu la métamorphose attribuée à la présence de la glucose, pouvait cependant éprouver la transformation signalée.

2° Si des conditions étrangères à la présence des glucoses, telles que neutralité, alcalinité ou acidité, n'avaient pas une influence propre sur la formation des glucoses.

Cette étude présente d'autant plus d'intérêt que peut-être, en tenant compte de ces conditions et en les faisant varier ou en les modifiant, on arriverait à arrêter ou à atténuer facilement les transformations.

Nous avons voulu savoir encore : si, le sucre cristallisable et la glucose se trouvant en présence dans les sirops, les altérations de la glucose ne donnent pas naissance à des produits qui changent les conditions normales et intervertissent du sucre en dehors de toute action propre des glucoses ; si on peut éviter ces altérations.

3° Si enfin les matières décelées par la réduction de la liqueur de Fehling sont bien des glucoses parfaites. Sans attacher au mot générateur de glucose une idée trop nette, il est certain qu'il présente beaucoup de vague, et qu'on ne sait trop comment le comprendre ; on ne sait s'il faut attribuer l'action des glucoses sur le sucre à des influences de ferments organisés ou diastasiques, ou à des phénomènes chimiques.

Avant d'étudier expérimentalement les différents cas exposés ci-dessus, il est nécessaire de passer en revue quelques-unes des expériences principales faites antérieurement et qui se rapportent plus ou moins directement à la question qui nous occupe.

1° Le sucre cristallisable ne se transforme-t-il pas en glucose dans certaines conditions et sans qu'il y ait de glucose préexistante?

L'illustre physicien Biot a constaté, il y a bien des années, qu'une solution sucrée marquant + 100° au saccharimètre perdait peu à peu son pouvoir rotatoire et arrivait à 0, pour continuer ensuite son inversion, et qu'elle atteignait finalement un degré saccharimétrique de — 38°. Cette transformation avait eu lieu à froid et avait été accomplie en plusieurs mois. Donc l'eau et le temps avaient été facteurs de transformation ; et il ne s'était formé que du sucre interverti sans altération.

Mitscherlich avait obtenu un sucre optiquement neutre en dénaturant du sucre de canne par la chaleur ; M. Dubrunfaut a reconnu que ce sucre était de la glucose altérée, *et que cette nature de glu-*

cose constituait généralement les glucoses de mélasses et de sucre du commerce. Ici la chaleur était le facteur de transformation.

Soubeiran, en faisant bouillir une solution sucrée marquant 71° à droite, a pu en 20 heures faire descendre la rotation à 0; en 27 heures la déviation a été de 24° à gauche; après 64 heures d'ébullition cette déviation était redevenue 0, et après 76 heures, 5° à droite. (La solution s'était colorée en brun noir.)

On voit dans cette expérience l'eau et la chaleur intervertir complétement le sucre de canne en 27 heures.

Cette interversion opérée, la glucose s'altère en partie, donne des produits ulmiques, enfin n'est plus de la glucose. Nous nous étendrons plus loin sur quelques-uns des caractères de ces dérivés glucosiques.

Ici l'eau, la chaleur, le temps, sont facteurs de ces transformations.

Nous avons nous-même, il y a plusieurs années, répété l'expérience de Soubeiran, et nous avons trouvé la même série de transformations, mais dans des limites de temps variables avec la richesse en sucre des solutions; les solutions sucrées faibles sont les plus altérables, et les sirops concentrés ne le sont que faiblement.

On comprend que des réactions qui dépendent de l'eau, de la chaleur, du temps, et de la concentration des solutions sucrées, doivent présenter un nombre presque infini de variations, puisque les combinaisons de ces facteurs sont elles-mêmes presque infinies, et que les altérations du sucre de canne sont non pas brusques et déterminées, mais témoignent de nombreux états transitoires. Il est donc à peu près impossible d'établir des formules et de savoir exactement en quel temps et comment se passeront les réactions.

De plus nous croyons avoir remarqué que l'état moléculaire du sucre avait une influence, et que le sucre candi pur s'altérait moins facilement que le sucre blanc raffiné (sans glucose préexistante), bien qu'ils fussent placés dans les mêmes conditions et soumis aux mêmes influences.

A ces incertitudes, lorsqu'on opère sur du sucre pur, viennent s'ajouter les influences dues aux sels, aux matières organiques lorsque les sirops sont impurs.

Nous pouvons donc dire, d'après les travaux d'un grand nombre de chimistes d'une haute autorité, que le sucre de canne peut se transformer en glucose et en dérivés glucosiques, sous les seules influences de l'eau et de la chaleur.

Nous indiquerons en temps et lieu les expériences que nous avons faites pour confirmer ces travaux, en nous plaçant dans les conditions de température et de concentration qui se rencontrent dans l'industrie.

2° La neutralité, l'alcalinité ou l'acidité n'ont-elles pas une influence propre sur la formation des glucoses?

L'examen des conditions d'alcalinité ou d'acidité peut paraître inutile, puisqu'une addition légère d'un acide énergique intervertit presque instantanément le sucre de canne à une température de 70° à 75°. Il est donc évident qu'une acidité, presque insensible même, doit favoriser la production des glucoses. Mais cependant, si on considère l'état ordinaire des sirops résidus de raffinage, on en rencontre d'alcalins, de neutres et d'acides, et il faut tenir grand compte de ces divers états. Nous aurons, du reste, occasion de montrer expérimentalement l'influence de l'alcalinité et de l'acidité sur l'inversion du sucre. On sait depuis longtemps, par les travaux de M. Dubrunfaut, que l'alcalinité des sirops empêche la formation de la glucose, tandis que la neutralité la favorise; il est donc facile de se placer dans des conditions telles que la glucose ne se forme que peu ou point.

L'alcalinité des sirops non-seulement empêche ou retarde notablement l'altération glucosique des sirops, mais encore neutralise les acides organiques qui se forment lorsque les glucoses préexistantes ou de formation nouvelle s'altèrent en présence de l'air. Un ou plusieurs acides (formique, acétique, glucique, etc.), accompagnent généralement l'ulmine et autres produits noirs pendant la décomposition des glucoses, et cette acidité doit intervertir par elle-même du sucre de canne indépendamment de toute action étrangère.

Ces observations ne sont pas sans objet, car on ne peut attribuer à la glucose une action propre de génération de glucose nouvelle, si cette génération est due en grande partie à l'acidité produite par l'altération des glucoses préexistantes, acidité dont il est facile de se préserver par le travail alcalin recommandé si instamment par M. Dubrunfaut depuis de longues années, par les procédés de MM. Boivin et Loiseau, et par les procédés de M. Lagrange.

3° Les matières réduisant la liqueur de Felhing contenues dans les bas produits de raffinerie ont-elles bien toutes les caractères des glucoses?

Si on étudie les glucoses des sirops de raffinerie, on constate que ces produits réduisent la liqueur de Fehling, mais on n'oserait garantir l'exactitude du dosage et considérer comme glucoses parfaites tous les corps réducteurs. Le saccharimètre n'offre aucune garantie; le sucre interverti non altéré possède une déviation à gauche connue et déterminée, le sucre de fécule dévie à droite avec une intensité également connue.

Les glucoses contenues dans les mélasses de raffinerie possèdent les rotations les plus diverses; on en trouve qui ne dévient pas du tout, comme l'a constaté M. Girard, d'autres dévient plus ou moins à gauche, suivant M. Muntz; nous en avons trouvé déviant très-faiblement à droite. Ce défaut de stabilité dans les réactions faisait pressentir des produits indéterminés et dont les transformations étaient plus ou moins avancées.

Lorsqu'on cherche à se rendre compte exactement de la quantité de ces produits, on se demande si, en leur attribuant un pouvoir réducteur égal à celui du sucre interverti, on ne se trompe pas. M. Dubrunfaut a constaté que les glucoses altérées des solutions sucrées qui ont été exposées pendant un certain temps à l'influence combinée de l'eau et de la chaleur, ne sont plus constituées comme les sucres intervertis d'où elles dérivent. La lévulose a été en partie détruite ou transformée, le composé nouveau a-t-il conservé son pouvoir réducteur complet? en tout cas, il n'a pas conservé sa déviation.

Lorsque les sucres intervertis sont transformés par les alcalis, leur pouvoir réducteur est encore modifié; il est annulé, d'après M. Dubrunfaut, si l'alcali était de la potasse ou de la soude, il est réduit de moitié si cet alcali était de la chaux. Or, comme ces divers composés existent dans les sirops de raffinerie, qu'ils sont confondus sous un nom unique lorsqu'on cherche à les doser, comment pourrait-on les reconnaître et leur attribuer une origine, alors qu'on ne peut en déterminer ni la quantité, ni la nature?

Enfin la faculté de fermenter est une des propriétés les plus caractéristiques des glucoses, puisque le sucre de canne ne peut fermenter à moins qu'il n'ait été interverti par la levûre.

Les glucoses des sirops de raffinerie ne fermentent qu'en partie, au moins avec les caractères ordinaires de fermentation. Lorsque la fermentation paraît complétement terminée et que tout dégagement de gaz s'est arrêté depuis plusieurs jours, on retrouve intacte une partie notable, quelquefois la totalité des produits réducteurs considérés comme glucoses parfaites qui étaient contenus dans le sirop sucré mis en fermentation. Si on laisse l'action de la levûre se prolonger longtemps insensiblement, ces produits réducteurs diminuent progressivement, et finiraient peut-être par se transformer complétement en alcool si les liqueurs en fermentation se conservaient sans altération.

Donc la fermentation différencie encore ces glucoses des sucres intervertis complets. La déviation due à ces glucoses est quelquefois levogyre, quelquefois dextrogyre, quelquefois insensible. Il est difficile de supposer qu'il reste du sucre de canne non interverti dans une solution sucrée mise en fermentation avec une dose considérable de levûre (cinq ou six fois plus grande que la dose normale), et surtout lorsque la durée du contact de la levûre a été au moins double de la durée ordinaire. De plus, l'acidité était suffisante pour intervertir ce sucre, surtout après distillation à la température de 100°. Cependant, si, après avoir concentré la liqueur fermentée et distillée, on l'observe au polarimètre, et, si après avoir noté la déviation à gauche, on fait bouillir le produit concentré avec une quantité notable d'acide sulfurique, on trouve après cette réaction une déviation différente, qui a été dans certains cas double de la première.

Tous ces faits indiquent combien sont nombreuses et inconnues les transformations successives des sucres intervertis, et combien il est difficile de leur attribuer des causes précises de formation.

Différences que présentent les matières réductrices contenues dans les produits des sucreries et dans les sirops de raffinerie. — MM. Aimé Girard et Muntz ont constaté l'inactivité des glucoses des sucres au polarimètre. M. Gayon a démontré que la formation des glucoses était due à un ferment organisé qu'il a isolé et déterminé. Cette fermentation se manifeste, bien entendu, à la température ordinaire, et l'humidité des magasins et des navires la favorise. L'inactivité optique de ces glucoses est due, comme l'a récemment établi M. Gayon, à la disparition d'une partie de la lévulose. Ainsi le sucre de canne renferme avant d'être raffiné de la glucose qui paraît provenir d'une véritable fermentation.

Les glucoses préexistantes augmentent dans les sirops de raffinerie pendant les opérations du raffinage, mais leur mode de formation est tout différent du précédent. Le travail de ces sirops se fait toujours à une température qui éloigne toute intervention d'un ferment organisé, et les glucoses qui se forment ne peuvent provenir que d'actions chimiques.

Ils sont accompagnés de produits noirs et sont généralement d'autant plus colorés qu'ils contiennent plus de sucres réducteurs; la glucose des sucres résultant de l'action du ferment est incolore. On trouve cependant dans les sirops résidus du raffinage des sucres de canne, des quantités de glucose plus considérables généralement que dans les mélasses provenant du raffinage des sucres de betteraves, et une coloration souvent moindre. Mais il faut remarquer que les sucres de canne de certaines provenances contiennent assez de glucose pour pouvoir expliquer *toute la quantité* de ce même sucre retrouvé dans les résidus, et que ces mélasses sont décolorées pour servir à la consommation.

On peut donc sans imprudence admettre que les glucoses qui se forment dans les sirops en raffinerie ne sont pas produits par la continuité de l'action du ferment des glucoses qui préexistent dans le sucre avant raffinage.

Il ne faudrait pas comparer les réactions de ces deux produits pour conclure à une identité; car, si dans le sucre la glucose est inactive, et si elle l'est quelquefois dans les sirops de raffinerie ou de fabrication de sucre, ce rapprochement tient uniquement à la propriété générale que possèdent les sucres intervertis de pouvoir se séparer en glucose et en lévulose, et en outre à ce que la lévulose, d'après les travaux de M. Dubrunfaut, présente beaucoup moins de stabilité que la glucose et se détruit ou s'altère la première.

Nous rendrons compte maintenant des diverses expériences directes que nous avons faites pour constater une fois de plus que le sucre de canne pur peut subir une transformation en glucose, et ces glucoses s'altérer ensuite, en donnant naissance à des produits ulmiques accompagnés généralement d'acides organiques probablement assez complexes; dérivés acides étudiés par le savant chimiste, M. Péligot. Nous établirons ensuite que, même en provoquant ces altérations en présence de glucoses préexistantes, l'interversion du sucre de canne n'est pas proportionnelle à la quantité de ces glucoses.

Après avoir tiré les déductions utiles de ces expériences, nous les rapprocherons de faits que l'on rencontre tous les jours dans la fabrication.

DEUXIÈME PARTIE.

Expériences exécutées sur des sirops de sucre pur et sur des mélanges de sucre pur et de sucre interverti.

Au moment de commencer nos essais, nous avons tenu compte d'une observation qui nous avait été faite par un chimiste distingué qui a fait des sucres une étude profonde. Il savait combien la moindre trace d'acidité de l'eau avait d'influence sur le sucre de canne quand la température s'élève, et il nous avait dit que l'eau distillée contenait toujours des traces d'acides nitreux suffisantes pour provoquer un commencement d'inversion. Nous n'avons jamais eu occasion de remarquer cette impureté : nous nous en sommes cependant préoccupés, et l'eau distillée a été légèrement alcalinisée pour nos essais.

De l'examen du tableau I, on peut déduire :

1° Qu'un chauffage de 38 heures à la température de 70° à 75° n'a pas altéré les solutions sucrées restées alcalines : les quelques centièmes d'augmentation en glucose des solutions nos 3 et 4 peuvent provenir d'erreurs d'expériences, mais ils ne peuvent en aucun cas être attribués à l'influence propre des glucoses, puisqu'il s'est formé dans la solution de sucre pur n° 2 une quantité de glucose de 0gr,23 ; si on retranche ces 0gr,23 des glucoses des nos 3 et 4 on retrouve exactement la glucose initiale.

2° En tout cas, s'il y avait eu influence ou pouvoir générateur propre des glucoses, la formation de ces glucoses aurait dû être considérable dans les nos 5, 6 et 7 qui renfermaient initialement de *sept à trente-cinq pour cent* de glucose, et cependant dans ces solutions il n'y a eu *aucune formation de glucose.*

3° En continuant à chauffer ces mêmes solutions pendant 74 heures et 114 heures, les solutions d'alcalines sont devenues neutres ou acides, l'inversion a commencé à se produire ; elle s'est effectuée à des degrés différents et nullement proportionnels aux quantités de glucoses préexistantes. Dans le n° 5, elle a atteint, déduction faite de la glucose produite dans le sucre pur, à $\frac{7,92-0,42-4,26}{4,26} = 76$ centièmes de la glucose préexistante après un chauffage de 114 heures.

Tableau I

Composition des solutions sucrées employées : { Solution de sucre candi blanc lavé, contenant sucre par décilitre...... 61 gr. 34
{ — interverti pur, — — — ...... 42 gr. 30

Nos d'ordre.	NATURE DES SOLUTIONS.	COMPOSITION INITIALE des solutions expérimentées en centièmes et par décilitre. Sucre.	Glucose.	ALCALINITÉ exprimée EN CHAUX (initiale).	DURÉE DU CHAUFFAGE et température.	(1) ANALYSE DES SOLUTIONS. Sucre.	Glucose.	DURÉE DU CHAUFFAGE et température (suite).	(2) ANALYSE DES SOLUTIONS. Sucre.	Glucose.	DURÉE DU CHAUFFAGE et température.	(3) ANALYSE DES SOLUTIONS. Sucre.	Glucose.
1	Sucre pur. 250	61.34	»	neutre.	38h.70°à 75°	61.30	indosable.	36h.70°à 80°	61.18	0.166	40h.80°à 90°	neutre. 61.07	0.264
2	Sucre pur. 100	61.34	»	2/10000	—	61.11	0.23	—	»	»	—	neutre. 60.91	0.420
3	Sucre pur. 245 / Glucose... 5	60.113	0 848	1/10000	—	59.94	1.02	—	neutre. 59.209	1.752	—	»	»
4	Sucre pur. 240 / Glucose... 10	58.89	1.696	1/10000	—	58.76	1.82	—	neutre. 57.978	2.604	—	»	»
5	Sucre pur. 225 / Glucose... 25	55.24	4.26	1/10000	—	55.23	4.27	—	acide. 54.912	4.55	—	acide. 51.824	7.912
6	Sucre pur. 125 / Glucose... 125	30.67	21.15	1/10000	—	30.69	20.83	—	acide. 27.615	24.225	—	acide. 23.115	28.687
7	Sucre pur. 50 / Glucose... 50	30.69	21.15	1/10000	—	31.07	21.00	—	acide. 24.75	27.09	—	»	»

1°. — Il faut remarquer que les numéros 2 et 7 ont été renfermés dans des ballons à très-étroite ouverture; que l'évaporation a été très-faible et que, conséquemment, la concentration du sirop a peu augmenté; ils sont restés plus altérables de ce fait.

2°. — Les mêmes échantillons ont été successivement soumis aux différents traitements, c'est-à-dire que les sirops analysés à la colonne (1) ont été chauffés pendant 38h. de 70° à 75°; ceux de la colonne (2) ont été en outre chauffés pendant 36h, de 70° à 80°, soit 74 heures; et ceux de la colonne (3) ont été chauffés 114 heures.

Dans les numéros 6 et 7, qui contenaient une quantité de glucose de *trente-cinq pour cent* de la somme des sucres et de plus de *soixante-huit pour cent* du sucre cristallisable, l'augmentation n'a été que de *trente-trois centièmes de la glucose préexistante* après un *chauffage de 114 heures. Il faut surtout remarquer* que les n[os] 5, 6 et 7 *étaient devenus acides.*

On peut donc conclure :

1° Que la présence des glucoses n'est pas une cause de formation de glucose dans les solutions sucrées alcalines.

2° Que dans les solutions contenant même de très-grandes quantités de glucose, et qui se sont acidifiées, les quantités de glucose formées sont loin d'être égales à la glucose préexistante, même après un chauffage anormal de 114 heures en présence de l'air.

3° Que les irrégularités de l'accroissement des glucoses dans les solutions acidifiées tiennent à des causes indéterminées, et qu'en tout cas il n'y a aucune proportionnalité, puisque ce sont précisément les solutions les plus riches en glucose qui offrent l'accroissement relatif le plus faible.

Sans prétendre expliquer les irrégularités qui se remarquent dans la formation de glucose dans les solutions sucrées dont nous venons de parler, nous avons cherché à nous en rendre compte.

Tous les matras ont été chauffés au bain de paraffine placé lui-même sur bain de sable, on a ainsi atténué les irrégularités de chauffage ; toutefois il est certain que les matras n'avaient pas dans toutes leurs parties la même température. Ils reposaient en effet directement sur le fond du bain de paraffine et les parois du verre en contact avec le fond devaient avoir une température plus élevée. Le sable lui-même n'était pas forcément également chauffé, les parties les plus éloignées de la rampe à gaz, celles où la couche de sable était un peu plus épaisse, étaient évidemment plus froides. Il résulte de ces conditions que si la température de la paraffine était partout la même, les parois du verre des divers vases n'étaient pas partout à température égale.

La preuve de ces différences se remarquait parfaitement par la variation des quantités d'eau évaporée pendant l'expérience ; désirant maintenir le contact de l'air, nous n'avions pas maintenu constante la concentration de nos solutions. Nous désirions aussi rester autant que possible dans les conditions industrielles, et avoir une concentration croissante.

Nos solutions sucrées se sont donc trouvées dans des conditions un peu différentes de chauffage, de concentration de fluidité et par conséquent de renouvellement de surfaces. On sait combien de causes influent sur l'inversion des sucres, et combien il y en a d'indéterminées; toutes celles que nous indiquons ont pu, avec celles que nous ignorons, provoquer les irrégularités remarquées.

Le deuxième tableau montre d'une part, ce qui étaitdu reste parfaitement connu par les travaux dont nous avons parlé précédemment, que l'action prolongée de la chaleur et de l'eau intervertit et acidifie les solutions sucrées.

En effet le sucre pur, légèrement alcalin, s'est acidifié et transformé en grande partie en glucose, et si cette transformation a été plus forte dans la solution où la glucose préexistait, c'est tout simplement parce que, la glucose étant oxydable, le sucre cristallisable ne l'étant pas, les solutions glucosiques s'acidifient plus rapidement et plus fortement; ce sont alors les acides qui intervertissent, ou du moins leur action vient se joindre aux autres agents. Cette observation s'applique également aux résultats indiqués dans le premier tableau.

Une seconde observation capitale, que nous avons déjà faite du reste, est le défaut de proportionnalité qui exclut l'idée de pouvoir générateur propre à la glucose. En effet, dans les conditions presque exagérées de durée de chauffage que nous avons adoptées, si la glucose préexistante 1,824 avait dû être doublée en 48 heures, elle aurait été à ce moment 3,648, en 96 heures, 7,826, en 114 heures 14,56, en 192 heures, 29,12, enfin en 214 heures elle aurait été au moins de 40 à 45.

Ces chiffres sont impossibles, puisqu'il restait encore 10,05 de sucre cristallisable dans la solution glucosique et que la solution de sucre pur ne contenait que 14,34 de sucre, c'est-à-dire que l'accroissement n'aurait été dans la solution glucosique que 4 à 5, valeur dix fois moindre que la quantité indiquée par la progression.

Enfin la mélasse de raffinerie de sucre de canne exposée pendant 162 heures à la température de 75 à 85°, contenant 24,10 p. 100 de glucose, *mais restée alcaline*, n'a éprouvé *aucune transformation*, et contenait encore après ce long chauffage la *même quantité de sucre de canne*.

Donc il existe des conditions faciles à remplir qui empêchent l'interversion du sucre.

Tableau II.

Composition des solutions : A Sucre raffiné Say sans glucose, sucre pur......... 40.37 par décilitre,
B Sucre Say, interverti — en sucre.......... 45.60 —

NATURE DES SOLUTIONS.	COMPOSITION INITIALE des solutions en expérience par décilitres et en centièmes.		ALCALINITÉ INITIALE par la baryte caustique.	DURÉE du CHAUFFAGE.	TEMPÉRATURE	ANALYSE DES SOLUTIONS APRÈS LE CHAUFFAGE.			OBSERVATIONS.
	Sucre.	Glucose.				Sucre.	Glucose.	État alcalin ou acide.	
N° 1. 250 sirop A..........	49.37	»	Alcalinité à peine sensible.	214 heures.	75° à 85°	14.34	34.50	acide.	Par saccharimètre : Sucre... 15.27 Glucose. 34.50
N° 2. 240 solution sucrée A... 10 glucose B..............	47.20	1.824	Alcalinité à peine sensible.	214 —	—	10.05	39.53	fortement acide.	Total.. 49.77
N° 3. 100 sucre interverti B...	»	45.60	Alcalinité à peine sensible.	214 —	—	»	42.225	très-acide.	Donc pas d'altération encore de glucose, mais simple inversion; c'est l'expérience de Soubeiran dans un de ses termes.
N° 4. Mélasse de raffinerie de canne, acide par elle-même.	37.20	24.10	Alcalinisée fortement avec carbonate de soude.	162 —	—	37.40	22.46	alcaline.	

N° 1. *Sucre pur devenu acide* et interverti par simple chauffage $\frac{34.50}{49.37} = 70$ pour cent.

N° 2. *Sucre pur et glucose acide*, inversion du sucre .... Glucose formée 3.21

N° 3. *Sucre interverti devenu acide* par chauffage. — La glucose est diminuée par suite d'altération; la déviation ne représente plus que 30.5 pour 100 de glucose; donc le sucre interverti tend à perdre son activité optique; la perte de déviation est de $\frac{11.72}{42.22} = 27\ 7$ pour cent.

N° 4. *Mélasse de raffinerie de canne restée alcaline.* — *N'a pas subi de transformation;* il y a une légère perte de glucose par suite de caramélisation de la glucose préexistante; la glucose de cette mélasse était inactive au polarimètre.

Nous pouvons donc prendre les mêmes conclusions que pour le premier tableau, en appuyant spécialement sur la conservation complète de la mélasse de canne; et dire que si la glucose préexistante paraît avoir un certain pouvoir générateur de glucose nouvelle, ce pouvoir est dû probablement à l'altérabilité et à l'acidification des sucres intervertis, et qu'on peut la paralyser par le travail alcalin tant recommandé par M. Dubrunfaut et employé du reste par plusieurs raffineurs. Nous le montrerons plus loin par l'analyse de diverses mélasses de raffinerie qui ne contiennent pour ainsi dire pas de glucose et qui cependant proviennent de sucres identiques à ceux qui entrent dans le travail des raffineurs de la même région.

CONCLUSIONS.

Il résulte des nombreuses études faites à diverses époques et des expériences que nous avons rapportées :

1° Que le sucre cristallisable pur éprouve les transformations glucosiques, sous l'influence prolongée de la chaleur et de l'eau, sans qu'il y ait de glucoses préexistantes.

Que ces altérations varient en fonction de l'intensité et de la durée des actions qui les provoquent, et que ces actions sont multiples et difficiles à déterminer exactement à l'avance.

2° Que la présence de la glucose dans les solutions sucrées rend ces solutions plus altérables à cause de l'oxydation de cette glucose, et par suite de l'acidification qui en résulte. Mais que cette action est longtemps paralysée par une légère alcalinité qui s'éteint peu à peu. On ne peut donc attribuer un pouvoir générateur, même indirect, aux glucoses, puisque ce pouvoir est subordonné à l'état plus ou moins basique ou acide des solutions sucrées, et qu'il est facile de maintenir ces solutions dans un état de non altération.

3° Enfin, qu'en se plaçant dans les conditions où les glucoses possèdent ce pouvoir générateur indirect, la marche des altérations glucosiques est capricieuse, plus ou moins intense, généralement faible et en tous cas nullement proportionnelle aux quantités de glucose préexistante.

4° Qu'on ne peut donc attribuer aux glucoses préexistantes un pouvoir générateur nécessaire, et conclure à un coefficient quelconque de réduction de rendement au raffinage, en vertu de ce pouvoir.

5° Le travail alcalin qui détruit complétement les glucoses préexistantes, et qui empêche toute acidification et inversion ultérieures, donne aux sirops une coloration plus intense qui demande, dit-on, plus de frais de filtration; mais il ne faut pas, pensons-nous, en tenir compte, car si on détruit la glucose, on gagne tout le sucre cristallisable déjà déduit pour le coefficient de cristallisation. Si on admet le coefficient 1 et si les quantités de glucose sont importantes, on gagnera en sucre raffiné 1, 2, 3 pour 100 qu'on retirera en supplément par suite de la disparition des glucoses qui les retenaient en dissolution. Nous répétons ce que nous avons dit dans le cours de notre étude, que ce coefficient mélassigène est plutôt admissible à 0,50 qu'à 1.

TROISIÈME PARTIE.

Observations tirées des diverses opérations de la fabrication et confirmant les données théoriques et expérimentales des deux premières parties.

Si la glucose préexistante avait un pouvoir générateur important de glucose nouvelle, la mélasse provenant du travail de la canne à sucre, ou contiendrait des quantités énormes de glucose, et alors la glucose n'aurait qu'un coefficient négatif, ou bien cette mélasse existerait en grandes proportions relativement à la canne employée.

Ces deux cas ne se présentent pas; on obtient en mélasses épuisées après 4 et 5 jets, environ 1,5 à 1,7 p. 100 de mélasse, suivant la valeur de la canne à sucre, soit 15 à 17 kilos de mélasse pour 1 000 kilos de canne.

La canne à sucre sur laquelle ont été faits ces essais contenait des quantités variables de glucose suivant l'état de la maturité. Le minimum a été de 0,17 p. 100 à l'époque de la complète maturité, mais pendant la période de travail il faut compter sur une moyenne de 0,30 à 0,35 p. 100, sans compter les altérations produites par le séjour à l'air après la coupe, les flétrissures, etc., etc. On n'emploie pour la défécation qu'une quantité de chaux extrêmement faible, environ 0,08 p. 100, neutralisée immédiatement par les matières albumineuses du jus et incapable de détruire ces glucoses. Dès la première filtration du jus, ce jus a déjà une réaction acide qui se

continue indéfiniment jusqu'à la fin du travail; de ce fait, des quantités très-notables de glucose doivent se former.

Les jus et sirops sont d'abord chauffés et soumis à toutes les opérations du travail pendant au moins 24 heures. On retire successivement 4 à 5 jets de sucre, et à chaque jet il y a de nouveaux chauffages à des températures croissantes, et un séjour total de plusieurs mois dans des locaux où la température est maintenue de 35 à 40° pour la cristallisation des sirops inférieurs. Enfin les sucres de qualité inférieure subissent un raffinage en fabrique pour sortir à l'état de poudre blanche.

Nous ne disons pas que ce mode de travail est employé partout, mais il existe dans l'usine d'où proviennent les mélasses que nous avons analysées, de sorte que ces mélasses comprennent non-seulement les résidus de fabrication directe du sucre de canne, mais encore les résidus de raffinage des sucres inférieurs. Toutes ces opérations doivent accumuler des proportions croissantes de glucoses, puisqu'elles se font dans un milieu d'une acidité notable.

Si on calcule les quantités des glucoses préexistantes, on trouve :

Par 1000 kil. de cannes environ 3 kilos à 3 kilos 500 de glucose.
On retire de 15 à 17 kilos de mélasses par 1000 kilos de cannes, et ces mélasses contenaient :

Sucre de canne p. 100 : 30 glucose ou dérivés p. 100 : 28 = p. 17 kilos	4,700
Glucose préexistante au minimum	3,500
Glucose formée pendant toutes ces opérations	1,200

Il faut remarquer que le sucre retiré était *du sucre blanc en poudre*, *sec* et ne contenant que peu de glucose.

L'augmentation n'était donc que de 0,30 *pour* 1 *de glucose préexistante, malgré la continuité d'un travail acide.*

Deuxième exemple. — Une autre usine travaillant de la même façon avait des mélasses un peu moins épuisées.

Elles contenaient p. 100 :	Sucre	40,00
	Glucose	20,00

Si on admet pour cette usine 2 p. 100 de mélasse au lieu de 1,5 à 1,7 du poids de la canne à sucre, à cause du moindre épuisement des sirops, la quantité de glucose rapportée à la canne se trouvant dans la mélasse : est de 4 kilos.

Glucose préexistante	3 kil. à 3,5
Glucose formée	0,5 à 1,00

c'est-à-dire de 0,15 à 0,20 pour 1 de glucose préexistante.

Donc la glucose préexistante n'a pas eu de pouvoir générateur sensible, surtout si on tient compte des circonstances qui ont favorisé l'inversion naturelle du sucre de canne.

La pratique industrielle du raffinage de sucres de canne ne tient pas compte davantage de l'influence continuatrice des glucoses; un raffineur de sucre de canne, nous disait que le sucre raffiné sortant de son usine représentait, sur ses livres de fabrication, le sucre entré, déduction faite du sucre représenté par le coefficient 1 pour la glucose et 3 pour les sels. Un autre raffineur de sucre de canne considérait qu'il fallait attribuer un coefficient général de 1 à toutes les matières étrangères au sucre. Ces chiffres ne comportent pas une inversion de sucre cristallisable équivalente à la glucose préexistante, car alors les coefficients mélassigènes seraient presque nuls.

Enfin toute la glucose contenue dans les sucres de qualité inférieure n'entre pas dans les opérations de raffinage; on a généralement le soin de faire passer par les turbines ces sucres inférieurs, en les clairçant soit avec des sirops étendus, soit à la vapeur, et la glucose est en grande partie enlevée et ne se retrouve que dans les bas produits.

On se sert évidemment pour la fabrication du sucre candi des sucres d'excellente qualité et contenant le moins de glucose possible. Cependant, après la cristallisation à l'étuve, les sirops mères contiennent des glucoses et même des glucoses altérées, puisqu'elles ne fermentent que lentement et difficilement.

Donc le sucre de canne s'altère sous les seules influences de l'eau et de la température prolongée pendant l'étuvage.

Les fabriques de sucre de betteraves qui travaillent encore par les procédés anciens, sans employer la double carbonatation ni la défécation à température peu élevée, détruisent toutes les glucoses préexistantes, de sorte que le jus après défécation ne contient pas d'autre sucre que le sucre de canne. Comme le travail reste alcalin pendant tout le cours du travail, il ne se forme pas de glucose; aussi les mélasses issues de ce mode de travail sont-elles généralement alcalines et ne contiennent-elles pas sensiblement de glucose; elles

sont d'un brun verdâtre, relativement peu colorées, et ne présentent pas de caractères de caramélisation.

Si on applique ce travail à la raffinerie, on peut objecter que la coloration des produits résultant de la destruction des glucoses par l'alcali augmente les frais de travail. Admettons-le, mais remarquons en outre que les glucoses ont déjà été favorisées d'un coefficient 1 pour la cristallisation, et ce 1 devient libre et donne du sucre cristallisable pour payer les frais supplémentaires.

Cependant, s'il arrive des accidents de fabrication, ces jus ou sirops purs initialement de tout mélange glucosique peuvent s'altérer et s'intervertir plus ou moins sensiblement. Il est donc certain que la présence des glucoses dans des produits en cours de fabrication ou fabriqués, n'implique pas la préexistence de glucose.

Cette formation de glucose se remarque quelquefois pendant la filtration sur le noir animal, lorsque l'alcalinité a été trop amoindrie.

D'autres fois, lorsqu'au contraire l'alcalinité calcique est trop forte, ou lorsque les sels de chaux sont trop abondants, l'inversion se produit dans les chaudières d'évaporation ou de cuite du sirop. Dans ce dernier cas les sirops présentent une viscosité qui provoque la formation de bulles mousseuses sur les surfaces de chauffe et par suite empêche le contact du sirop et le mouvement de l'ébullition. La surface de chauffe, n'étant plus refroidie par le contact du sirop, atteint une température suffisante pour altérer les parties sucrées qui y sont attachées.

Enfin, même lorsque les opérations de la fabrication ont été régulièrement conduites jusqu'à la cuite, il peut se produire encore ultérieurement des glucoses.

Des sirops de même nature provenant des mêmes opérations, mais contenus dans des réservoirs de cristallisation inégalement chauffés, peuvent ne pas se maintenir également sains. Il n'est pas rare de voir un réservoir de sirop parfaitement sain, mais placé dans le voisinage d'un calorifère et conservant pendant trop longtemps une température de 60° à 70°, subir les altérations glucosiques et même se caraméliser ensuite en partie, avec dégagements gazeux.

Dans ces différents cas on remarque donc encore des formations de glucose dans des sirops qui n'en contenaient pas primitivement, et sous la seule influence des circonstances plus ou moins correctes de la fabrication.

En étudiant les conditions qui favorisent ou empêchent la production de glucose dans les solutions sucrées, on a vu que l'alcalinité de ces solutions les préservait généralement de l'altération glucosique. Cet état basique est facile à obtenir et à conserver, et il a été recommandé sans cesse par M. Dubrunfaut dès la création pour ainsi dire des industries sucrières. Plusieurs raffineries ont adopté le travail alcalin sous différentes formes, et leurs mélasses ne contiennent plus guère de glucose. Cependant elles s'approvisionnent de matière première aux mêmes sources que les autres raffineries, et on ne peut attribuer la différence des résultats qu'à la nature du travail intérieur de l'usine.

Voudrait-on élever une dernière objection et supposer que la formation de la glucose n'ait pas été continuée et que cette substance ait été détruite par l'alcali du jus aussitôt après sa formation? Dans ce cas le résultat se traduirait par une perte de sucre cristallisable : ce n'est pas ce qui se présente, et on en aura l'assurance par les analyses de quelques mélasses de raffinerie, sans désignation, bien entendu, de la provenance de ces mélasses.

Ainsi nous avons fait l'analyse complète des mélasses de raffinerie contenant beaucoup de glucose ; elles renfermaient :

Eau	24,25
Cendres	12,16
Sucre cristallisable	41,80
Glucose	8,01
Matières organiques	13,78
	100,00

A l'examen de cette analyse on remarque :

1° Qu'en attribuant à la glucose le coefficient de 1 on doit déduire 8,01 ; restent 33,79 de sucre qui, divisés par les cendres, donnent un coefficient salin de 2,77 ; le coefficient salin des deux sucres réunis n'est que de 4,08.

On confirme d'abord ainsi nos premières conclusions, qui attribuaient aux glucoses un coefficient bien inférieur à 1, et les travaux de M. Girard qui évaluent à 4 le coefficient des sels.

2° Si les glucoses étaient accompagnées de glucates en excès, ou de tout autre dérivé des glucoses, les matières organiques indéterminées seraient considérablement accrues. Or, ces matières orga-

niques sont de peu supérieures aux sels, condition favorable et indiquant un état absolument normal.

Nous avons cherché à déterminer quelle était la nature de la glucose des mélasses de raffinerie, et nous avons acquis la preuve que ces glucoses étaient de la nature des produits d'altération des sucres, soit glucose, soit sucre cristallisable. En effet, la déviation au saccharimètre de ces glucoses est plus ou moins accentuée à gauche, quelquefois nulle; ce sont les caractères attribués par M. Dubrunfaut aux glucoses ou sucres altérés par la chaleur; leur composition s'altère et une partie de la lévulose disparaît.

En terminant cette longue série de remarques, nous donnerons la preuve analytique que les mélasses de certaines raffineries ne contiennent que peu de glucose, et sans nous occuper de la valeur des procédés qui permettent de les obtenir ainsi, nous en déduirons uniquement la preuve que les glucoses ne sont pas nécessairement génératrices de glucoses.

Nous ne pouvons ni ne devons indiquer la source des échantillons que nous avons analysés, mais nous pouvons assurer leur authenticité.

Mélasses pures, sans eau, à haute densité :

	Sucre cristallisable.	Glucose.
Nos 1.	51,100	4,500
2.	54,000	0,200
3.	52,500	3,220
4.	53,000	0,800
5.	50,500	5,500
6.	53,000	0,340
7.	52,500	0,520

Il serait inutile de multiplier les exemples; nous pourrions en citer encore un grand nombre contenant des quantités très-variables de glucose, quelquefois 10 et 11 p. 0/0 (nous ne parlons pas des mélasses de raffineries spéciales de sucre de canne qui en contiennent de 20 à 30 p. 0/0), mais ces exemples seraient sans objet.

Cependant, pour ne pas nous renfermer dans nos analyses seulement, nous citerons les études faites par M. Dubrunfaut sur les mélasses de raffinerie; parmi les diverses mélasses analysées, on en rencontre une qui contient :

Sucre cristallisable	52,15
Glucose par le réactif cuprique	0,60
» par le nitrate de chaux	0,00

Nous n'avons rien à changer à nos conclusions sur le pouvoir mélassigène des glucoses, nous continuons à constater qu'il est inférieur à 1 *dans tous les cas que nous avons rencontrés.*

Nous pouvons même dire qu'à part les mélasses de raffineries de sucre de canne, qui ne sont du reste que très-rarement épuisées, puisqu'on les vend avec avantage pour la consommation directe, toutes les mélasses de sucrerie et de raffinerie de sucre de betteraves témoignent d'un coefficient salin de 4 à 4,5, sans tenir compte des glucoses, et même en rapportant les sels à la somme des deux sucres.

Ces constatations ne sont, du reste, pas nouvelles, car depuis longtemps un savant illustre, M. Dubrunfaut, a assigné aux mélasses un coefficient salin moyen de 3,7, bien voisin de celui que nous admettons nous-même, et nous reconnaissons une fois de plus qu'il est difficile, lorsqu'on traite les questions sucrières, de toucher à un sujet qui n'ait été traité et élucidé par le véritable doyen des chimistes industriels français.

PUBLICATIONS AGRICOLES RUSSES

A PROPOS DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878 (1)

PAR

M. P. P. DEHÉRAIN.

M. A. Yermoloff, qui a puissamment contribué, il y a plusieurs années, à faire connaître les gisements de phosphate de chaux de la Russie, a consacré à l'étude de la production agricole de sa patrie un travail important que nous résumerons ici brièvement. Il est intéressant pour la France de connaître les ressources agricoles de l'immense empire qui est destiné dans un temps plus ou moins éloigné à peser d'un poids si lourd sur les destinées de l'Europe.

Le sol. — En laissant de côté la région des toundras ou marais, qui occupe toute la partie septentrionale de la Russie, et les sols pierreux qui avoisinent l'Oural à l'est et qui couvrent une partie de la Finlande au nord-ouest, on peut diviser la Russie d'Europe en deux grandes régions, la région de la terre noire ou tcherno-

(1) *Mémoire sur la production agricole de la Russie*, par M. A. Yermoloff. — *Notice sur les céréales de la Russie*, par le même. — Saint-Pétersbourg, 1878 (en langue française).

zème, qui occupe tout une moitié de l'empire, au sud de Moscou, et la région des terres sablonneuses et argileuses, qui occupe l'autre moitié : le nord, le nord-ouest, le nord-est et une partie du centre.

En général, cette partie septentrionale est d'une fertilité médiocre, les marais en couvrent une importante fraction; elle est très-boisée (1), mais cependant, dans quelques régions privilégiées, elle renferme des prairies renommées; enfin, la portion nord-ouest se distingue par ses terres argileuses très-propres à la culture du lin, qui forme la branche principale de son agriculture.

La superficie des terres noires ou tchernozème s'étend sur une étendue de plus d'un million de kilomètres carrés. C'est la source principale, sinon exclusive, de la richesse de la Russie.

Climat. — L'auteur consacre plusieurs pages très-intéressantes à l'étude du climat des diverses parties de la Russie, et nous ne pouvons malheureusement le suivre dans les détails curieux qu'il nous fait connaître; mais nous devons signaler cependant quelques observations qui précisent ce que nous savons depuis longtemps sur l'influence qu'exerce sur le climat l'éloignement de la mer.

C'est ainsi que sur le 56°, 5 de latitude, à Mitau et à Libau, situés sur les bords de la Baltique par 21° et 23° de longitude (2), la température moyenne annuelle dépasse un peu 6° C., tandis qu'à Nidji, par 44° de longitude, elle n'est que de 3°,7; à Ekatherinebourg, par 61° de longitude, elle n'atteint que 0°,6; à Tomks, même latitude, par 85° de longitude, la température moyenne est de — 1°.

Les différences entre les températures hivernales et estivales sont très-fortes, et c'est là ce qui caractérise précisément les climats extrêmes; les mers intérieures, comme la Caspienne, n'influent que médiocrement sur ces différences ; c'est ainsi qu'à Arkhangel, par exemple, la différence entre la température la plus élevée et la plus basse atteint 82°.

A Vilna, la différence entre les températures extrêmes est de 67°; à Varsovie et à Kischinew de 66°; à Odessa, de 62° 1/2; à Sébastopol, de 61°. Mais en Sibérie, à Yakoustk, le point du globe où l'on a

(1) Pour donner une idée de la difficulté que présente l'exploitation des bois en Russie, je citerai le fait suivant, qui m'a été communiqué par un savant très-distingué, propriétaire d'immenses forêts dans la Russie septentrionale : les bois de construction supportent les frais de flottage sur une rivière qui les amène au Volga; quant au bois de chauffage, il est abandonné sur place, sa valeur ne couvre pas les frais de transport.

(2) Du méridien de Greenwich.

constaté le froid le plus intense qui ait jamais été signalé — 60°, on a pu voir le thermomètre s'élever une fois à 35°,5, c'est-à-dire plus haut qu'à aucune époque à Odessa; la différence entre la température la plus haute et la plus basse y atteint donc 95°,6 : c'est l'exemple de la variation la plus considérable qu'on ait observée sur toute la terre. A Yakoustk, le sol reste gelé à une certaine profondeur pendant toute l'année; durant l'été, il dégèle jusqu'à près d'un mètre, et la terre est alors suffisamment échauffée par les rayons du soleil pour que le seigle y mûrisse.

A mesure qu'on s'avance vers l'est, à mesure aussi la quantité annuelle de pluie devient plus faible; ainsi, dans le Turkestan, il ne tombe pas 200 mill. d'eau par an; le pays qui avoisine le cours inférieur du Volga est déjà désolé par la sécheresse, c'est une région déserte où la culture n'est possible qu'à l'aide des irrigations: la vigne même doit y être arrosée pour ne pas périr.

Population, outillage agricole et engrais. — En 1870, la population totale de la Russie d'Europe était évaluée à 71 millions d'habitants, elle est probablement aujourd'hui de 76 à 77 millions. Si cette population était répartie également sur l'empire, elle ne comprendrait que 14, 5 habitants par kilomètre carré; mais naturellement il est loin d'en être ainsi; quelques contrées sont absolument désertes, comme les gouvernements d'Arkhangel, d'Olonetz, de Volodha, où la population n'est pas de 0,4 à 0,2 habitants par kilomètre carré, tandis que dans les gouvernements de Kiew, de Podolie, de Moscou, l'on trouve 43, 46, 50 habitants par kilomètre carré.

En cherchant quelle est en moyenne la population rurale susceptible d'exécuter un travail effectif, on ne trouve guère qu'un ouvrier mâle pour 10 hectares; on voit combien la population rurale de la Russie est encore susceptible de s'étendre.

Si on réfléchit qu'en Russie un homme doit travailler une étendue de terre considérable et qu'il n'a guère à consacrer à ce labeur que la moitié de l'année, pendant l'autre moitié la terre étant couverte de neige, on comprendra qu'il lui faut des outils qui lui permettent d'exécuter très-rapidement un travail incomplet, il est vrai, mais qui, s'étendant sur une surface considérable, donne cependant un résultat final plus avantageux qu'un travail très-soigné qui serait concentré sur une surface peu étendue.

Si la *sockha*, espèce de charrue primitive, et la herse en bois sont

souvent les seuls instruments employés; il faut ajouter cependant qu'il existe un assez grand nombre de fabriques d'instruments perfectionnés qui commencent à se répandre dans le pays.

C'est ainsi que les faucheuses et les moissonneuses américaines, d'une solidité à toute épreuve, confectionnées en vue de la Russie, où les réparations seraient difficiles à exécuter, sont répandues dans le sud, où l'on rencontre également des batteuses, dont quelques-unes sont animées par des locomobiles dans lesquelles on brûle de la paille.

Outre ces grands appareils, des batteuses à manége confectionnées dans le pays se rencontrent dans les petites exploitations, quelquefois elles sont possédées en commun par plusieurs ménages; il n'est même pas rare de rencontrer des associations de paysans qui, s'étant procuré une machine de ce genre, parcourent le pays en la transportant avec eux et s'engagent à exécuter le battage des blés à façon.

La France ne fournit guère à la Russie, en fait de machines agricoles, que les machines à nettoyer et à trier les grains.

L'importation totale des machines agricoles se chiffre par le nombre respectable de 3 millions de roubles (1) pour 1875; en outre on évalue à 4 000 000 de roubles la valeur des machines produites annuellement par les usines russes.

Engrais. — Il existe en Russie un immense gisement de phosphate de chaux, qui couvre au centre et au sud-ouest de la Russie une étendue de plusieurs millions d'hectares; habituellement ces phosphates ont le même aspect que les nodules des Ardennes; cependant on trouve en outre dans quelques localités une variété de phosphates en masses arrondies, fibreuses, ayant un peu l'aspect de la pyrite de fer; ces masses sont d'une très-grande richesse.

Jusqu'à présent, l'absence de débouchés a empêché toute exploitation de ces phosphates naturels; la Russie exporte cependant des quantités notables de tonnes d'os (18 000 en moyenne). En revanche, elle importe du guano et des superphosphates, surtout par le port de Riga.

Seigle. — Le seigle est la céréale qui tient la première place par l'étendue des terres qui lui sont dévolues. Il n'occupe pas moins des 43 centièmes des terres consacrées à la culture des céréales. En

(1) On peut évaluer le rouble à 3 francs environ.

général les rendements sont très-faibles : ils ne dépassent pas 8 hectolitres et demi pour l'ensemble de la Russie; quand la culture est plus soignée, on arrive à des chiffres plus élevés : ainsi la ferme de Petrovsky, près Moscou, qui est annexée à l'Institut agronomique, atteint un rendement moyen de 22 hectolitres.

La production totale de la Russie peut être évaluée, déduction faite des quantités nécessaires aux semailles, à 187 millions d'hectolitres sur lesquels 12 millions sont livrés à l'exportation. L'Allemagne en consomme les 40 centièmes, l'Angleterre un cinquième; la France n'en achète que la proportion insignifiante de 6 millièmes.

Froment. — Malgré son rôle important dans la production agricole de la Russie, le froment n'est pas cultivé sur toute l'étendue de l'empire; bien qu'il remonte jusqu'au 59, 61, 62 et même 63e degré de latitude en Finlande, moins haut que le seigle, qui mûrit encore par 65° de latitude nord, il est surtout répandu dans la partie méridionale de l'empire.

Sur toute la surface de la Russie, le froment d'hiver n'occupe que la dixième partie du sol consacré aux cultures de céréales, tout le reste de la surface est destiné au seigle. La culture du froment d'été est beaucoup plus importante, elle s'étend sur la partie méridionale de la région du tchernozème dans la contrée des steppes.

On a remarqué, en général, que les blés durs apparaissent surtout sur les terres vierges, mais d'une grande fertilité naturelle ; quand on transporte cette variété dans des sols plus ameublis, on voit la qualité changer et les blés durs céder la place aux blés demi-durs et aux blés tendres.

Malgré l'extrême fertilité des terres noires, le rendement du froment est très-irrégulier et souvent très-faible, il ne dépasse pas habituellement 7 1/2 hectolitres à l'hectare (1).

La période de végétation est généralement très-courte : les semailles ont lieu, dans la partie septentrionale du tchernozème, vers le 15 avril et la récolte du 1er au 15 août. Au nord de la Russie les semailles du blé de printemps n'ont lieu que vers le 15 mai et la récolte se fait du 15 au 30 août; le blé ne reste donc que de 3 à 4 mois en terre.

(1) C'est aussi la moyenne obtenue par un cultivateur de la province de Samara, dont l'exploitation a été étudiée avec soin par M. H. Ling Roth, qui a publié récemment un petit ouvrage fort intéressant sur l'agriculture de la Russie orientale. *A sketch of the agriculture and peasantry of eastern Russia*. Baillere, London, 1878.

On évalue la production totale de la Russie à 80 millions d'hectolitres environ, sur lesquels il faut prélever la quantité de grains nécessaire à l'ensemencement des terres, de telle sorte qu'il reste environ 60 millions d'hectolitres disponibles sur lesquels le pays consomme environ 40 millions, laissant 20 millions d'hectolitres pour l'exportation.

Ce chiffre ne correspond qu'à la période de 1871-1875; avant cette époque l'exportation était beaucoup moindre, elle atteignait à peine dix millions d'hectolitres de 1861 à 1865.

Sur cette quantité totale, l'Angleterre prend environ la moitié, la France un cinquième, puis vient ensuite l'Italie, qui ne demande pas tout à fait à la Russie le dixième de son exportation, et la Prusse 8,3 pour 100.

On estime à 92 millions de roubles la valeur du froment exporté.

Ce n'est pas sans quelque étonnement qu'on voit la production de la Russie en froment être moindre que celle de la France, et qu'on reconnaît que si la Russie exporte une quantité notable de froment, c'est tout simplement parce que ses habitants consomment surtout du seigle; s'ils avaient l'habitude du pain de froment, la Russie, au lieu d'exporter du froment, serait obligée d'en introduire chez elle; sa consommation deviendrait supérieure à sa production.

L'*avoine* forme en Russie la plante dominante de la deuxième sole dans la rotation triennale; elle occupe une région plus vaste encore que le seigle, car l'avoine est cultivée avec succès tant dans les gouvernements du nord, presque aux confins de la région polaire, que dans les steppes du midi. Dans la province de Samara la récolte est encore très-irrégulière, en 1875 elle a été dix fois supérieure à ce qu'elle était en 1872; le rendement moyen paraît s'élever à une vingtaine d'hectolitres, supérieur à celui qu'on obtient dans l'ensemble de la Russie. D'après M. Yermoloff, il ne serait que de 16 hectolitres 1/2.

L'exportation de l'avoine a beaucoup augmenté depuis vingt ans: de 1852 à 1855, elle restait au-dessous d'un million d'hectolitres; de 1871 à 1875 elle a dépassé 8 millions d'hectolitres, représentant une valeur de plus de 13 millions de roubles; l'Angleterre reçoit les 7/10 de cette exportation totale, la France 1/10.

L'*orge* est encore produite sur une assez grande étendue, on la rencontre jusqu'au delà de 60° de latitude, et en Finlande jusqu'à 68° 30′; la limite de la culture de l'orge dans ces parages peut

être considérée comme la limite de l'agriculture elle-même.

Pendant la période 1871-1875, la quantité exportée s'est élevée à 3 200 000 hectolitres, représentant une valeur de 7 640 000 roubles. L'Angleterre reçoit à peu près la moitié de l'orge exportée; la Hollande, un quart; la France n'en consomme que 5 pour 100.

Si nous laissons de côté les autres céréales, mais que nous cherchions à nous faire une idée des progrès de l'exportation depuis vingt ans, nous trouverons des renseignements dignes d'intérêt dans le tableau suivant :

QUANTITÉS ET VALEUR DES CÉRÉALES EXPORTÉES.

Période.		Milliers d'hectolitres.	Valeur en millions de roubles.
De 1852 à 1855 (4 ans)		11.707.0	23.314
1856 à 1860		18.515.5	48.154
1861 à 1865		18.671	58.924
1866 à 1870		30.019.5	101.903
1871 à 1875	Sous forme de grains...	45.843	156.000
	Sous forme de farine, alcool (réduits en grains)	2.551.5	10.000
	Total	48.394.5	166.000

En exprimant par 100 les chiffres de l'exportation et de la valeur totale des céréales exportées de la Russie pendant la dernière période quinquennale de 1871-1875, nous y trouverons la part de chacune des principales céréales cultivées en Russie ainsi que de leurs produits exprimée comme il suit :

	Dans 100 d'exportation.	Dans 100 de valeur de la quantité exportée.
Froment	39.97	55.49
Seigle	25.63	21.34
Avoine	17.22	8.36
Orge	6.63	4.66
Autres céréales	5.28	4.13
Divers produits des céréales	5.27	6.02
	100.00	100.00

La production totale des céréales en Europe ne pouvant être évaluée à moins de 4862600000 hectolitres, la part de la Russie dans ce chiffre est 33 8 pour 100; comme pays exportateur de céréales, dans le commerce international des grains en Europe, la Russie se place au premier rang puisque son sol fournit environ 40 pour 100 de la quantité totale.

Au reste, on jugera mieux encore de la place qu'occupe la Russie dans le commerce des grains par le tableau suivant :

Pays d'importation.		Pays d'exportation.	
Angleterre	70.75 pour cent.	Russie	39.62 pour cent.
Belgique	6.13	Amérique du Nord...	25.47
Pays-Bas	5.66	Principautés danubiennes	14.15
Suède et Norwége.	4.25	Autriche-Hongrie ...	11.32
Allemagne	3.96	Danemark	4.72
Suisse	3.78	Autres pays d'Europe, Afrique, Amérique australe	4.72
France	2.83		
Italie	2.17		
Grèce	0.47		
	100.00		100.00

Pommes de terre. — La culture de la pomme de terre s'est introduite en Russie à la fin du siècle dernier, elle réussit mieux dans les terres sablonneuses du nord et du nord-ouest que dans les terres noires. Depuis 1851 la quantité de pommes de terre ensemencée a haussé de 66 pour 100 et le chiffre de la récolte annuelle a haussé de 144 pour 100.

La pomme de terre est non-seulement employée à l'alimentation des hommes et des animaux, elle est utilisée encore à la fabrication de la fécule et de la glucose, et dans l'ancien royaume de Pologne à celle de l'alcool.

Betteraves. — La culture de la betterave et l'extraction du sucre font chaque année en Russie de nouveaux progrès.

On peut évaluer la production totale de la Russie à 3 344 000 tonnes de betteraves ; le rendement à l'hectare est habituellement assez faible, il ne dépasse guère 15 000 kilogrammes ; en revanche la betterave est de bonne qualité, et la quantité de sucre produite est comprise entre 140 millions et 230 millions de kilogrammes ; on estime la consommation locale à 2 1/2 kilogrammes de sucre par habitant.

L'impôt qui pèse sur cette fabrication est modéré : pour la campagne 1876-77, qui a donné 255 millions de kilogrammes, l'État a perçu 6 744 000 roubles, c'est-à-dire un peu plus de 20 millions de francs ; ce n'est donc pas 10 centimes par kilogramme.

Habituellement les fabricants de sucre sont en même temps cultivateurs de betteraves, de telle sorte qu'ils cherchent à obtenir des racines de bonne qualité plutôt qu'à forcer les rendements par de fortes fumures ; cette culture paraît destinée à prendre en Russie

un très-grand développement, bien qu'elle soit parfois sujette à de grands mécomptes, par suite des ravages causés par les insectes.

C'est dans la région du sud-ouest que la betterave donne les meilleurs produits ; à mesure qu'on avance dans l'est, les qualités deviennent plus faibles. Tous les essais de culture dans les gouvernements de Saratov, de Kazan, de Perm, de Vialka ont échoué. Plusieurs entrepreneurs ont néanmoins songé à établir de vastes cultures de betteraves dans les parties de la Sibérie où le climat est relativement tempéré, mais il est douteux que cette tentative ait des chances de réussite.

Lin et Chanvre. — La culture du lin n'embrasse pas moins de 873000 hectares, tant dans le nord qu'au midi et à l'ouest de la Russie. Sur cette quantité la moitié à peu près est consacrée à la culture du lin pour filasse, qui est circonscrite dans la partie septentrionale de la Russie, et plus spécialement dans les gouvernements de Vitebks, Tver, Smolensk, Kostroma, Vladimir, en Livonie, etc., où la culture du lin prime toutes les autres. Comme plante oléagineuse, la culture du lin a une importance sérieuse dans la partie méridionale de la Russie. A quelques exceptions près, le lin n'est cultivé dans cette région qu'en vue de la semence, sans qu'il soit tenu aucun compte de sa tige, généralement courte et grossière, à cause de la trop grande sécheresse du climat, et ne nissant au reste qu'une fibre absolument impropre à donner une filasse de bonne qualité..

Les modes de culture sont différents dans les deux régions : tandis qu'au nord, pour avoir une belle filasse de lin, on sème dru, en employant de 150 à 250 litres de semence à l'hectare, au sud, dans la région des steppes, on n'emploie guère plus de 75 à 100 litres. Là le lin pousse haut et droit comme une flèche, ne portant généralement qu'une seule fleur au bout de sa tige unique ; ici il talle et se ramifie et forme souvent jusqu'à dix fleurs et même davantage. Dans le nord, il est rare que l'on récolte plus de 3 1/2 à 5 hectolitres de semence à l'hectare ; au sud les rendements s'élèvent souvent de 10 à 20 hectolitres d'une graine inférieure qui devrait être exclusivement employée à l'extraction de l'huile siccative, mais qui malheureusement sert aussi à frauder la graine désignée dans le commerce sous le nom de graine de Riga, son principal port d'embarquement (1).

(1) Voyez dans les *Annales* le travail de M. Renouard fils, t. II, p. 235, 1876.

La quantité de filasse récoltée à l'hectare varie de 325 à 500 kilog.; l'ensemble de la production s'élève à près de 200 millions de kilogrammes : c'est plus de la moitié de la quantité totale produite par l'Europe. L'exportation de la graine de lin s'élève à plus de 4 millions d'hectolitres.

Le chanvre est cultivé sur une assez grande échelle en Russie, mais surtout par les paysans, et il ne fournit que de faibles quantités de filasse ou de chènevis à l'exportation.

La culture du tabac donne des produits remarquables par leur qualité en Bessarabie et en Crimée; dans les provinces voisines du Volga on obtient également de bons résultats, mais cependant le tabac récolté en Russie est encore loin de suffire aux besoins de la population, et l'importation est considérable.

Viticulture. — La région de l'industrie viticole en Russie ne dépasse pas au nord 49° de latitude; autrefois les environs d'Astrakhan faisaient aussi partie de la zone viticole, mais actuellement on y produit exclusivement les raisins de table, qui sont transportés par le Volga jusqu'à Moscou et même à Saint-Pétersbourg. C'est en Crimée que se trouvent les vignobles les plus renommés; ils occupent des vallées célèbres à d'autres titres, telles sont notamment celles de l'Alma et de la Tchernaïa.

La Bessarabie, les provinces du Caucase produisent aussi des quantités de vin assez notables, notamment les environs de Tiflis; on estime la production totale de la Russie à deux millions d'hectolitres.

Bétail. — *Race chevaline.* — La production du cheval en Russie est en décroissance depuis que les localités riveraines du Volga et certaines provinces centrales jadis couvertes de pâturages où paissaient de grands troupeaux de chevaux, ont acquis une plus grande valeur et ont dû être consacrées à des spéculations plus lucratives.

Cependant l'élève des *tabouny* ou grands troupeaux de chevaux paissant en liberté au milieu de vastes steppes, s'est encore conservée dans le midi et l'est de la Russie. Des milliers de chevaux élevés dans ces conditions sont ensuite emmenés pour être vendus dans les diverses localités de l'Europe, jusqu'à ses confins les plus éloignés.

Quant à l'élevage dans les haras ou dans les exploitations rurales, il ne présente aucune particularité. L'exportation des chevaux

russes n'a cessé de s'accroître depuis quinze ans; elle est montée de 10 000 têtes (1861-1865) à 25 000 (1871-1875).

Race bovine. — La Russie peut être divisée en trois régions suivant les différents buts que se propose l'élève du bétail.

Dans le nord et le nord-ouest, les animaux sont destinés à la production du lait et du fumier.

Dans le midi, on les emploie comme bêtes de trait; le lait est à peu près exclusivement consommé par les veaux; les animaux arrivés à un certain âge sont livrés à la boucherie. Enfin, dans le sud-est, on élève le bétail pour en tirer de la viande et du suif.

L'exportation des animaux va en croissant : elle était de 35 000 têtes de 1861 à 1865; elle s'est élevée à 71 000 pendant la période quinquennale 1871-1875.

Race ovine. — L'élevage des brebis constitue en Russie une des branches les plus importantes de l'économie rurale. Le chiffre des animaux de l'espèce ovine s'élève à 48 585 000 têtes, ce qui correspond à 68 têtes par 100 habitants. En Asie les chiffres sont encore beaucoup plus élevés; on compte en effet, dans l'Asie centrale, 565 brebis par 100 habitants, et dans le Caucase 124. Le total numérique pour toute l'étendue de l'empire s'élève à plus de 65 millions de têtes. Dans la Russie d'Europe on compte environ un quart des animaux qui porte de la laine fine; ils se rencontrent surtout dans la Russie méridionale.

L'exportation s'accroît depuis quinze ans, comme celle de tous les autres animaux; elle a été, de 1862 à 1871, de plus de 100 000 têtes chaque année, mais depuis cette époque elle a plus que triplé.

Race porcine. — L'élevage des porcs présente en Russie un avantage particulier : outre les principaux rendements en viande et en lard, qui trouvent toujours un débit assuré, on exporte une quantité considérable de soies de porc. Il est à remarquer que les soies les meilleures et les plus abondantes sont fournies uniquement par les porcs rustiques, communs, ceux qui se rapprochent le plus de leur sauvage parent le sanglier et dont l'entretien ne demande ni soins ni frais d'aucune sorte.

Produits d'origine animale. — Durant la dernière période quinquennale on peut estimer aux chiffres suivants l'exportation des produits tirés des animaux :

	Milliers de roubles.
Laines diverses	13.990
Suif	8.250
Soies de porc	6.717
Peaux non tannées	2.652
Beurre et fromage	1.498
Crins	1.292
Os	820
Œufs et plumes de volailles	254
Viande	132
Cornes et sabots	31
Poils de chèvres et autres	10
	35.646

Si l'on ajoute à ce total la moyenne annuelle de la valeur des animaux domestiques exportés de la Russie à l'étranger dans les dernières années, et qui représentent une somme de près de 16 530 000 de roubles, on trouve que la valeur totale de l'exportation annuelle des produits des animaux et des animaux mêmes se chiffre par une somme de 52 176 000 roubles ou 156 530 000 francs, en estimant le rouble à 3 fr., d'après le cours moyen.

Systèmes de culture. — Le caractère saillant de l'agriculture russe est déterminé par l'étendue considérable des terres à cultiver et par la longueur excessive de l'hiver; de là la nécessité de conserver le vieil assolement triennal, dans lequel la jachère fumée est suivie d'une céréale d'hiver à laquelle succède une céréale de printemps; celle-ci ne se récolte pas assez tôt pour que les labours soient faits avant l'hiver, et on ne pourrait la faire suivre que d'une céréale d'été moins productive, si on ne laissait pendant une année la terre en jachère. Ce système ne donne que des récoltes peu abondantes; mais comme l'étendue du sol arable est considérable, que sur beaucoup de points il est doué d'une fertilité naturelle considérable, la quantité de céréales produite est encore assez grande pour que la Russie puisse exporter une quantité de grains énorme.

De ce que le système triennal a sa raison d'être, il ne faut pas croire cependant que les esprits éclairés ne cherchent pas à lancer l'agriculture russe dans des assolements plus productifs; les progrès réalisés depuis que l'exportation est facilitée par l'amélioration des voies de communication sont considérables, et déjà plusieurs cultures lucratives s'ajoutent aux céréales; nous avons vu que la pomme de terre gagne chaque jour du terrain, que la betterave

elle-même occupe un espace plus considérable. Or ce sont là des cultures qui entraînent fatalement avec elles les progrès les plus marqués; elles laissent, en effet, des résidus importants, elles conduisent donc à augmenter le nombre des têtes de bétail; avec le bétail arrivent les fumiers abondants et par suite de plus forts rendements dans les cultures de céréales.

M. Yermoloff, auquel nous empruntons la substance même de cet article, retrace dans les lignes suivantes l'état actuel de la production agricole en Russie :

Étendue relativement très-considérable des terres absolument improductives, chiffre très-bas des terres arables. Explication de ce fait par la faible densité et surtout par la répartition inégale de la population.

Chiffre très-élevé de la population rurale relativement à la population des villes.

Chiffre relativement très-élevé des terres à cultiver, incombant à chaque ouvrier habitant des campagnes.

Effectif d'animaux domestiques peu élevé, tant par rapport à la superficie du territoire qu'au chiffre de la population, excepté les animaux de la race chevaline, qui sont en Russie relativement beaucoup plus nombreux que dans les autres pays de l'Europe.

Eu égard à la surface cultivée, rapport peu favorable au point de vue de la production entre les terres ensemencées et la jachère, le chiffre de la jachère improductive étant très-considérable, ce qui s'explique par la prépondérance de l'assolement triennal. L'étendue de la surface consacrée aux céréales, comparativement aux autres cultures, est également peu favorable pour la production : les céréales occupent relativement plus de place que l'état du sol, les moyens d'engrais et l'alternance régulière des récoltes ne sauraient le permettre. Il s'ensuit : prépondérance de la production des céréales les moins estimées, telles que seigle, avoine, sarrasin, sur les céréales d'un ordre supérieur, froment, millet, etc. Grande faiblesse des rendements, malgré la fertilité naturelle du sol, qui se passe encore entièrement d'engrais dans une grande partie de la Russie.

Faible développement des industries agricoles. Exportation des produits de l'agriculture russe presque exclusivement à l'état brut.

En résumé la Russie n'est pas arrivée encore à tirer de son sol ce qu'il peut donner; sans doute, le climat alternativement très-chaud et très-froid, parfois d'une sécheresse extrême, n'est pas

aussi favorable au développement des végétaux que nos climats occidentaux, mais cet inconvénient est compensé par la fertilité naturelle de la partie méridionale de l'empire, et il n'est pas douteux que dans un espace de temps probablement assez court, l'émancipation des cultivateurs russes portera ses fruits et que la production s'accroîtra dans une large mesure, sans peut-être que les exportations augmentent dans les mêmes proportions, car les producteurs, devenus plus riches, consommeront davantage.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

J. J. PLICQUE.

Un jeune chimiste agricole rempli d'avenir, Jules Plicque, qui a donné aux Annales deux mémoires intéressants, est mort le 26 octobre dernier; c'est un devoir pour nous de rappeler en quelques pages les traits principaux de cette carrière qui promettait d'être si brillante et que la mort a si vite interrompue.

Jules Plicque est né à Meaux le 1er décembre 1853; c'est au collége de cette ville qu'il fit ses études, qu'il prit le goût de la chimie; en 1871 il entrait au Muséum, au laboratoire de M. Frémy, qui est libéralement ouvert à tous les jeunes gens soucieux de s'instruire. Il s'y fit bientôt remarquer par son assiduité, par son adresse et fut désigné pour aller préparer un cours à l'Ecole d'architecture; c'est là qu'il fit la connaissance de M. Landrin, qui l'introduisit au laboratoire de culture, en 1873, au moment de sa création.

En 1874 ses études furent interrompues par son année de service militaire; en 1875, il hésitait sur la direction à donner à sa carrière : il pensa d'abord à l'industrie, et passa quelques mois à Lyon, à l'usine où se fabrique le bleu d'outremer par la méthode de M. Guimet.

Son séjour dans cette usine fut l'occasion d'un de ses travaux les plus importants :

Après y avoir suivi la fabrication de l'outremer, c'est-à-dire après avoir employé le seul moyen qui permette d'aborder la théorie des opérations industrielles, Plicque s'est préoccupé de la synthèse rationnelle de cette belle matière colorante, tant en vue

d'améliorer sa fabrication, que pour résoudre, au point de vue de la science, le difficile problème de sa constitution chimique.

Ses recherches, continuées longtemps avec toute l'ardeur qu'il savait apporter à ses travaux, aboutirent à la publication d'un mémoire inséré aux comptes rendus de l'Académie des sciences, et qui, en raison de l'intérêt du sujet et de la façon à la fois positive et pleine d'originalité scientifique dont il fut traité, attira vivement l'attention des hommes compétents. Les méthodes, ou plutôt les recettes de préparation de l'outremer, varient considérablement dans les diverses usines, quant à la provenance des matières premières et à leur dosage. Elles consistent essentiellement dans la calcination d'un mélange de kaolin, c'est-à-dire de silicate d'alumine avec du carbonate de soude et un excès de soufre; cette calcination s'effectue dans des creusets placés dans un four spécial dans lequel la température et surtout l'accès de l'air peuvent se régler à volonté. Dans la première phase de l'opération il se forme du polysulfure de sodium qui attaque le silicate d'alumine; l'excès de soufre se volatilise et on obtient dans chaque creuset une masse poreuse d'outremer vert. Dans la seconde partie de la réaction on soumet l'outremer vert à l'action d'une température d'environ 800° prolongée pendant un grand nombre d'heures avec l'intervention de l'air, dont on règle l'entrée et qui oxyde lentement l'outremer vert pour le transformer finalement en outremer bleu avec dégagement d'acide sulfureux. Ces diverses réactions sont complétement empiriques : la composition centésimale des kaolins, en tant que silicates d'alumine plus ou moins complexes, étant très-variable, la quantité de soude employée l'est par suite également. Plicque sentit dès l'abord qu'il fallait s'adresser pour ses recherches synthétiques à un composé renfermant les principaux éléments de l'outremer en quantités invariables, et il partit d'une combinaison chimique bien définie et toujours identique à elle-même, le silico-aluminate de soude ($3\,SiO^2$, Al^2O^3 NaO HO) + NaO HO sur lequel il parvint à fixer des composés gazeux du soufre en le transformant en bleu.

On effectue cette synthèse remarquable en maintenant le silico-aluminate de soude à une température de 800° environ dans un tube de porcelaine et en faisant passer un courant de vapeur de sulfure de carbone ou mieux d'hydrogène sulfuré; il se forme dans ces conditions un composé grisâtre qui paraît renfermer de l'oxysulfure d'aluminium uni à la silice et à la soude. Il y a là substitution du

soufre à l'oxygène de la molécule de silico-aluminate de soude. Ce composé sulfuré n'est qu'un terme de passage, et c'est en le soumettant à l'action d'un courant d'acide sulfureux qu'on obtient le bleu d'outremer. Dans cette nouvelle partie de l'opération l'acide sulfureux transforme tout le sulfure de sodium qui n'est pas lié d'une façon invariable à la molécule de silico-aluminate en *sulfate de soude* et en *soufre* qui se dégage. Cette dernière réaction se passe en vertu d'une équation due à Plicque qui l'a vérifiée expérimentalement :

$$NaS + 2\,SO^2 = NaO\,SO^3 + 2\,S$$

Pour que l'absorption des gaz soit complète, il faut un temps considérable, et pour assurer le succès de ses recherches l'auteur, rappelant ainsi l'ardeur des anciens chimistes, a passé bien souvent la nuit devant son fourneau.

Plicque a bien établi par ses recherches que, contrairement aux assertions de quelques auteurs, l'outremer ne renferme pas d'azote et que sa couleur propre est due à un composé oxygéné du soufre.

En confirmation de ces vues, nous ajouterons qu'on connaît aujourd'hui d'une façon certaine un composé bleu du soufre, c'est le sesquioxyde : S^2O^3.

En généralisant ses observations et en les appliquant aux deux autres métalloïdes de la famille de l'oxygène, le sélénium et le tellure, Plicque obtint les outremers rouge et jaune, sur lesquels, par malheur, il n'eut pas le temps de faire de longues recherches.

A la fin de 1875, Plicque rentra au laboratoire de culture du Muséum et, tout en continuant ses recherches sur l'outremer, étudia le moyen d'utiliser la masse énorme d'écumes de carbonatation et de défécation que produisent les sucreries (1) ; le procédé qu'il préconisa consistait à attaquer par de l'eau légèrement acidulée d'acide sulfurique les écumes pour détruire le sucrate de chaux qui y est contenu, à lessiver régulièrement la matière ainsi traitée pour en extraire le sucre qui est en grande partie à l'état de glucose ; on rapproche la dissolution, on achève la transformation en glucose, enfin on détermine la fermentation et on distille.

Dans le laboratoire on obtenait de 25 à 26 litres d'alcool pour

(1) *Annales agronomiques*. Tome II, page 257. 1875.

1000 d'écumes; en pratique, avec un matériel très-grossier, on a obtenu 20 litres par tonne.

Quant aux résidus de cette nouvelle fabrication, on pourrait, en les torréfiant à la sortie des filtres-presses, en faire une matière renfermant 8 pour 1000 d'ammoniaque; si enfin on calcinait les écumes dans des fours, on pourrait en faire une chaux d'excellente qualité.

Plicque chercha ensuite si, au lieu d'utiliser les écumes de défécation qui déterminent une perte de sucre considérable, il n'y aurait pas lieu de modifier complétement le procédé généralement employé en déféquant les jus de betteraves avec une autre matière que la chaux; il proposa d'employer l'aluminate de baryte, et les essais qu'il réalisa dans le laboratoire de culture le conduisirent à des résultats remarquables (1) : la défécation se fait avec une très-grande facilité et le travail d'extraction est remarquablement simplifié.

Ces différents essais restèrent à l'état de projet; il était temps cependant pour Plicque d'obtenir une position qui fût en rapport avec ses aptitudes; en 1877, il se présenta au concours qui eut lieu à Melun au moment de la création de la station agronomique : il ne fut classé que le second; à la fin de l'année 1877, il passa au laboratoire de physique du Muséum et fut attaché à M. Becquerel père pendant les derniers mois de sa vie.

Enfin, en 1878, on annonça la création, à Avignon, d'une station agronomique; les épreuves présidées par M. Barral, secrétaire perpétuel de la Société centrale d'agriculture, furent sérieuses. Plicque put montrer ses brillantes qualités de professeur, son habileté de chimiste : il fut classé le premier.

Il revint à Paris heureux de son succès, heureux de recevoir les félicitations de sa famille, de ses amis du laboratoire de culture; cependant, le 18 octobre, il se sentit un peu souffrant, s'excusa de ne pas assister à une réunion dans laquelle il devait rencontrer ses camarades et retourna à Meaux; quelques jours plus tard nous apprenions qu'il était atteint d'une fièvre typhoïde, puis les télégrammes nous arrivèrent coup sur coup nous annonçant l'état de plus en plus grave du malade, qui succomba le 26 octobre 1878; ses obsèques eurent lieu le 28 octobre, et M. Dehérain, son maître,

(1) *Annales agronomiques*. Tome III, page 293. 1877.

se fit l'interprète des sentiments de ses amis en prononçant sur sa tombe quelques paroles d'adieu.

Pour tous ceux qui l'ont connu Plicque n'a pas donné sa mesure. Il apportait à ses travaux une ardeur extrême; il avait l'adresse de main, l'esprit d'invention qui caractérisent le véritable chercheur; à 25 ans il avait déjà montré des qualités qui auraient fait de lui, s'il avait vécu, un homme éminent.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER SUR L'AGRONOMIE

Recherches physiologiques sur la respiration des rameaux feuillus (1)

PAR M. J. BORODIN.

Les expériences furent exécutées d'après deux méthodes différentes : la première consistait à mettre le rameau coupé en présence d'une atmosphère constamment renouvelée, où l'acide carbonique dégagé fût déterminé en poids; dans la seconde, la respiration se faisait en vase clos et la perte en oxygène de l'atmosphère put être déterminée en volume. La plupart des expériences, cependant, furent faites d'après la première méthode, qui est préférable (2).

Le rameau coupé est introduit dans un petit vase avec 3 ou 4 c. c. d'eau que l'on fait entrer dans un large cylindre en verre fermé hermétiquement à ses deux extrémités au moyen de bouchons de caoutchouc. La capacité de ces cylindres était de 400 à 500 c. c. et leur longueur de 24 à 31 centimètres. Chaque bouchon de caoutchouc était traversé par un tube permettant de faire circuler l'air au moyen d'un aspirateur. Avant d'entrer dans l'appareil, l'air était forcé de

(1) *Physiologische Untersuchungen ueber die Athmung der beblaetterten sprosse.* (*Arbeiten des St-Petersburger Gesellschaft der Naturforschen*).

Nous avons publié dans le tome II, p. 601, 1876, le travail de M. Mayer *Sur l'influence de la température sur la respiration des végétaux*. Le présent travail de M. J. Boradin a paru en 1876 en langue russe dans les *Arbeiten des St-Petersburger Gesellschaft der Naturforscher*. C'est aujourd'hui seulement que nous sommes en mesure de pouvoir donner une traduction d'après un résumé de M. Batalin publié dans le *Botanischer Jahresbericht* du docteur L. Just; dierter Jahrgang. III° Abtheilung. Berlin, 1878.

(2) MM. Dehérain et Moissan ont également employés ces deux méthodes dans le travail qu'ils ont consacré à ce sujet. — *Annales des Sciences naturelles. Botanique*. Tom. XIX, 1874, page 321. (*Note du trad.*)

passer par plusieurs tubes pour se dépouiller de son acide carbonique et pour se saturer de vapeur. En sortant de l'appareil, il passait d'abord par un appareil dessiccateur, ensuite il était conduit dans un appareil à potasse en communication avec deux tubes à chlorure de calcium destinés à recueillir la vapeur d'eau. Le volume de l'air qui circulait dans l'appareil était de 720 ou de 560 c. c. par heure. Cette quantité est complétement suffisante, parce que la plante ne pouvait absorber que le douzième de l'oxygène qui circulait dans l'appareil et parce que l'air contenait presque toujours 0,6 0/0 d'acide carbonique. L'appareil était disposé dans une chambre obscure et le cylindre qui contenait le rameau était plongé dans l'eau d'une grande cuvette dont les parois doubles en zinc étaient séparées également par une couche d'eau. La température était tellement constante dans ces cuvettes que, pendant des expériences qui duraient souvent de trois à quatre jours, les oscillations ne dépassaient pas un demi-degré. Des températures plus élevées étaient obtenues en chauffant l'eau de la cuvette au moyen d'une lampe à alcool.

Les expériences d'après la seconde méthode furent faites avec l'appareil de MM. Wolkoff et Mayer, légèrement modifié pour le rendre plus sensible. La capacité de l'appareil était plus grande et le volume du gaz que l'on mettait en contact avec la plante atteignait 100 c. c.

Cependant M. Borodin estime que les résultats que l'application de cette seconde méthode lui a fournis pourraient être assez peu exacts pour entrer en ligne de compte, parce que la plante qui respire se trouve en présence d'une quantité constamment variable d'oxygène et que l'influence qu'exercent des pressions partielles d'oxygène n'est pas encore suffisamment déterminée jusqu'à ce jour, les expériences de MM. Bert et Boehm, du moins, ayant conduit à des conclusions très-différentes.

Les conclusions que MM. Wolkoff et Mayer tirent de leurs expériences qui tendraient à prouver que, dans des limites très-étendues, la respiration est indépendante de la quantité d'oxygène contenue dans l'atmosphère, ne lui paraissent pas suffisamment démontrées. Les chiffres communiqués par MM. Wolkoff et Mayer ne sont pas pour M. Borodin une preuve à l'appui de leur théorie, parce qu'ils accusent des écarts considérables dont on ne saurait guère se rendre un compte exact; ensuite, les quantités d'acide carbonique dégagé sont quelquefois trop peu appréciables, et enfin quelques expériences

mêmes de l'auteur ont précisément démontré l'influence de la richesse de l'atmosphère en oxygène sur l'énergie de la respiration.

A part ces quelques objections, l'auteur déclare être, quant aux points principaux, dans les mêmes idées que celles émises dans le travail de MM. Wolkoff et Mayer.

Les neuf expériences faites par M. Borodin démontrent plus ou moins distinctement que les rameaux feuillus fraîchement coupés de *Crataegus monogyna* et de *Spiraea opulifolia* et maintenus dans l'obscurité, commencent par émettre des quantités d'acide carbonique très-considérables, mais qui vont en diminuant rapidement avec la durée de l'expérience. C'est ainsi, par exemple, que le même rameau n'émet après 12 heures que la moitié de la quantité d'acide carbonique qu'il donnait au commencement et seulement le tiers de cette même quantité après 24 heures. Cette diminution ne saurait être attribuée à un affaiblissement de l'activité vitale, parce que d'un côté les rameaux restés dans l'obscurité pendant deux ou trois jours sont encore complétement frais et sains, et que d'un autre côté le ralentissement de l'émission d'acide carbonique est beaucoup plus rapide au commencement de l'expérience que pendant les heures subséquentes. Si cette diminution était un effet de l'affaiblissement de la plante, la marche du phénomène serait inverse. Il est bien plus rationnel de penser que cette diminution vient à la suite de l'épuisement des matériaux sur lesquels porte la respiration.

Cette hypothèse serait en effet démontrée, s'il était possible de ramener dans ces expériences, sous certaines conditions, l'activité de la respiration à son intensité première. L'auteur a pu arriver à ce résultat en remettant les plantes à la lumière, où elles ont pu assimiler. Les expériences prouvent que même une exposition très-courte à la lumière solaire est suivie d'un accroissement d'intensité de la respiration.

Des neuf premières expériences, M. Borodin tire les conclusions suivantes :

Dans l'obscurité, et toutes conditions égales d'ailleurs, l'énergie de la respiration va en s'affaiblissant. L'insolation temporaire du rameau produit un accroissement de l'activité respiratoire; mais cet accroissement n'est déterminé que par des rayons peu réfrangibles (rayons rouges, etc.), et alors seulement que l'atmosphère est en état de fournir à la plante la quantité d'acide carbonique nécessaire à l'assimilation.

Cette dernière condition montre avec une évidence complète quels sont les matériaux sur lesquels porte l'activité respiratoire. L'identité des conditions qui règlent la formation de l'amidon (et de la glycose) avec celles qui déterminent un accroissement de l'activité respiratoire, permet de conclure que l'intensité respiratoire s'affaiblit dans l'obscurité par suite de la diminution de la quantité d'amidon formé et que l'accroissement de cette intensité à la lumière est en rapport avec la formation nouvelle des mêmes corps hydro-carbonés.

L'activité respiratoire serait par conséquent réglée par la quantité de matières plastiques non azotées contenues dans les cellules, la cellulose, comme matière morte, n'étant pas prise en considération.

Jusqu'à ce jour, et d'après les expériences de de Saussure sur la respiration des graines en germination, on avait admis que la quantité d'acide carbonique émis par suite de la respiration était proportionnelle au poids des matières sèches. Cette théorie serait actuellement à modifier dans ce sens, que l'intensité de la respiration est proportionnelle au poids des matières plastiques non azotées. Le même organe peut émettre des quantités d'acide carbonique différentes selon la quantité de matières plastiques formées, d'où l'on peut conclure que les organes chargés de chlorophylle doivent montrer une périodicité dans l'activité respiratoire.

Cette périodicité est déterminée par une insolation alternante de jour et de nuit; elle est par conséquent le résultat de la présence d'une plus ou moins grande quantité de matières plastiques non azotées, mais elle est indépendante des variations de température.

La courbe particulière de respiration des grains en germination, qui monte d'abord lentement, puis, après avoir atteint un certain maximum, tombe peu à peu, pourra être expliquée de la manière suivante :

Cette courbe résulte de deux effets opposés. La graine en repos a emmaganisé une grande quantité de matières plastiques non azotées qui diminuent dès le premier jour de la germination, ce qui doit conduire à un affaiblissement de l'activité respiratoire. Cependant, au commencement de la germination, cette provision de matières plastiques ne prend qu'une part très-restreinte aux phénomènes physiologiques qui se passent et ce n'est que peu à peu, au fur et à mesure que l'embryon se développe, qu'une partie de plus en plus grande

commence à prendre une part active à la production des phénomènes vitaux. Ceci nous explique pourquoi on observe dans les premiers jours de la germination, au lieu d'une diminution, une augmentation de la quantité d'acide carbonique dégagé, l'action de l'oxygène pouvant s'étendre sur une plus large surface à cause de l'accroissement en dimensions de la petite plante. Les jours suivants, au contraire, quand l'intensité de l'accroissement diminue, et quand la participation de nouvelles quantités de matières emmagasinées aux phénomènes vitaux n'est plus suffisamment grande pour masquer les effets de la perte des matières déjà brûlées, la quantité d'acide carbonique émis doit être nécessairement plus réduite.

Traitant ensuite de la question : quelle matière servirait à la respiration, l'auteur, en se basant sur la théorie de M. Pflüger, qu'il adopte dans tous ses points, se déclare pour la théorie de M. Garreau, suivant lequel ce serait sur le protoplasma que se porterait l'oxygène et non sur les matières non azotées, comme le pensent M. Sacks et d'autres (1). L'oxygène n'agirait pas sur l'amidon. Ce dernier servirait à la régénération du protoplasma qui se décompose sans cesse, ce qui pourrait expliquer le rapport qui existe entre la présence d'une grande quantité d'amidon et l'intensité de la respiration.

La présence de produits de dissociation des matières albuminoïdes, nécessaire pour la théorie de Pflüger, ainsi que la production de l'acide carbonique par dissociation, sont regardées par M. Borodin comme démontrées également pour le règne végétal. Il considère l'asparagine comme un produit de dissociation de l'albumine et il regarde la « combustion extérieure », étudiée par M. Boehm, comme un phénomène de dissociation.

En examinant attentivement les différentes courbes qui donnent une image de l'activité respiratoire d'un rameau pendant un temps déterminé, on peut voir facilement que le dégagement d'acide carbonique tombe très-rapidement au commencement de l'expérience; plus tard la diminution du dégagement est un peu moins rapide, et enfin l'intensité de la respiration, quoiqu'elle soit maintenant peu apparente, reste cependant assez constante. Dans quelques cas où la courbe de la respiration paraît très-régulière, elle prend sensiblement la forme d'une parabole (on le voit très-distinctement dans les courbes de *Crataegus*).

(1) Voyez le mémoire de M. Corenwinder, page 216 de ce volume. (*Note du trad.*

Il serait hasardé de vouloir donner dès maintenant une explication de la forme particulière de cette courbe; toujours est-il, et les calculs le démontrent, qu'elle ne dépend pas de ce que la plante consume constamment des quantités égales de l'amidon emmagasiné qu'elle trouve à sa disposition.

Les expériences suivantes ont démontré au contraire que la forme de la courbe n'est pas constante et qu'elle dépend de l'âge de la partie de la plante mise en expérience. Les expériences avec le *Crataegus monogyna*, le *Populus laurifolia*, et l'*Acer platanoïdes* ont montré que les parties jeunes du rameau en voie d'accroissement dégagent beaucoup plus d'acide carbonique que les parties complétement développées du même rameau, ce qui confirme cette conclusion de M. Garreau, que les jeunes organes qui sont en voie de développement et qui contiennent beaucoup de matières albuminoïdes respirent plus énergiquement que d'autres organes déjà arrivés à leur développement complet.

Dans les rameaux jeunes, l'intensité de la respiration tombe très-vite au commencement de l'expérience; plus tard l'affaiblissement de la respiration se ralentit. Dans les parties complétement développées, au contraire, l'affaiblissement se produit toujours d'une manière incomparablement plus lente : il en résulte que les deux courbes se croisent bientôt, de sorte que, même après quelques heures, le vieux rameau accuse une plus grande quantité d'acide carbonique dégagé par heure.

On peut, avec une certaine probabilité, expliquer ces différences d'intensité respiratoire, en admettant qu'il y ait dans les parties jeunes deux fonctions différentes qui entrent en jeu : la respiration et l'accroissement, et comme c'est la même matière, c'est-à-dire l'amidon, qui alimente les deux, il est tout naturel que cette matière diminue bien plus vite dans les rameaux jeunes que dans les vieux où elle n'alimente que la respiration.

D'autres plantes mises en expérience, telles que le *Spiraea opulifolia*, le *Pinus Strobus* et le *Larix europœa*, se comportaient d'une manière toute différente vis-à-vis des espèces mentionnées plus haut. Pour les jeunes pousses, c'est-à-dire celles qui n'étaient pas encore pourvues de feuilles complétement développées, l'intensité de la respiration restait presque complétement invariable et les courbes représentant cette intensité étaient presque des lignes droites. L'auteur croit voir dans ces phénomènes anormaux, d'un côté l'influence

du froid sur les feuilles (*Spiraea opulifolia*), les expériences avec cette espèce ayant été faites à la fin de septembre, par conséquent à une époque très-défavorable; d'un autre côté, les pousses de *Pinus Strobus* et de *Larix europœa* (les expériences ayant pour objet ces deux plantes furent faites au mois de juillet) étaient fort pauvres en matières sur lesquelles aurait pu porter la respiration, et enfin le volume des jeunes pousses, comparé à celui des vieux rameaux, était très-réduit.

Tous ces faits et toutes les conséquences qui en découlent ont conduit l'auteur à voir dans la courbe parabolique la courbe typique de la respiration, les autres formes de courbe n'étant que les déviations du type, déterminées par des influences secondaires diverses.

Quant aux essais qui ont été tentés avec l'appareil de MM. Wolkoff et Mayer, les résultats des sept premières expériences viennent confirmer la théorie qui découle des expériences faites d'après la première méthode. Ils montrent que l'intensité de la respiration tombe constamment, et que le tracé de la courbe de la respiration est une parabole. Les rameaux de *Larix*, toujours d'après cette même méthode, se comportaient différemment des autres plantes et les courbes étaient presque des lignes droites horizontales.

Pour démontrer que la théorie de MM. Wolkoff et Mayer sur les rapports intimes qui existeraient entre l'intensité de la respiration et les pressions partielles d'oxygène n'est pas exacte en tous points, deux expériences furent faites dans lesquelles on introduisait après un certain temps dans l'appareil une certaine quantité d'air pur; l'effet ne se faisait pas longtemps attendre, car il y avait immédiatement une absorption d'oxygène (calculée à l'heure), de sorte que la courbe de l'absorption paraissait comme déchirée. Après cet accroissement de l'intensité, on pouvait remarquer, comme toujours, un nouvel abaissement, etc.

L'influence de la température sur l'activité respiratoire fut également l'objet d'expériences faites d'après les deux méthodes. On trouva qu'une élévation de la température active la respiration et, inversement, qu'un abaissement de température est suivi d'un affaiblissement de la respiration.

En regardant plus attentivement les différentes courbes de la respiration, on peut remarquer que, quand on élève la température et puis qu'on la laisse retomber au même degré d'où l'on est parti, la

respiration paraît à ce dernier degré beaucoup plus faible que ce qu'elle serait si la température était restée constante; que si, au contraire, on abaisse la température et qu'on l'élève ensuite au même degré, l'intensité respiratoire est plus grande à cette dernière température qu'on ne l'aurait pu attendre.

Tous ces phénomènes trouvent leur explication quand on admet que dans le premier cas, à une température élevée, une grande quantité de « matières respiratoires » était dépensée et que, par conséquent, la respiration devait être plus faible à une température moins élevée, à cause de la présence d'une moins grande quantité de ces matières. Dans le deuxième cas, au contraire, l'abaissement de la température évitait une dépense plus considérable de matières respiratoires, et l'oxygène trouvant, lors du relèvement de la température, cette quantité relativement forte de matières à sa disposition, la respiration en devait se trouver activée.

Ces expériences portèrent sur le *Crataegus monogyna*. Le *Larix europœa* se comportait de nouveau d'une façon anormale : lors de l'élévation de la température, on pouvait remarquer également un accroissement de l'intensité respiratoire; mais en revenant plus tard à la température première, l'intensité retombait également, mais ne tombait pas au-dessous du point qu'elle avait atteint avant l'élévation de la température, comme on aurait pu l'attendre en jugeant d'après ce qui s'était passé pour le *Crataegus*. Quelle est la cause de ce phénomène? On ne saurait le dire à l'état actuel de la science.

Cette expérience nous montre, en outre, que la température de 31° C. n'est pas la température optimum pour la respiration du mélèze, parce que l'élévation de la température à 36° C. montrait un accroissement très-appréciable de l'intensité respiratoire; celle-ci tombe cependant sans cesse à une température si élevée et ne reste pas constante comme à 20° c.

Une autre expérience a montré qu'en chauffant jusqu'à 38°,5 C., la respiration se trouve encore activée, ce qui, en comparant cette expérience avec la précédente, prouve que 38° C. n'est pas encore la limite où la respiration est la plus active.

Les expériences avec le *Populus laurifolia* ont montré, en outre, que la chaleur produit le même effet qu'une insolation temporaire qui produit également un affaiblissement rapide de l'activité respiratoire.

Il est non moins intéressant de remarquer qu'il est possible de

constater certains rapports entre les intensités de la respiration à deux températures différentes. Dans une des expériences, par exemple, l'intensité de la respiration s'élevait de 0,0031 à 0,0073 pendant que la température s'élevait de 24° C. à 37°,4 C., c'est-à-dire que l'intensité devenait 2,37 fois plus grande. Le rapport inverse était de 2,43 quand la température tombait de 37°,4 C. à 29° C., quoiqu'il se soit passé un temps considérable entre les deux changements de température et que la courbe tombât rapidement.

En finissant, M. Borodin rappelle l'attention sur la forme de la courbe de la respiration et fait remarquer qu'elle ne dépend pas de la température, de sorte que si on possède les courbes seulement, il est impossible de savoir à quelles températures elles correspondent.

Etude sur la composition de la pomme de terre aux diverses périodes de sa végétation

PAR M. LE D[r] KELLERMANN (1).

Tous les huit jours l'auteur a arraché de 50 à 55 pieds dans un champ cultivé d'une manière uniforme et il en a tiré des échantillons moyens dont il a fait l'analyse; il a dosé la cellulose, la protéine, les matières grasses, les matières extractives non azotées, les cendres, et dans celles-ci l'acide phosphorique, la potasse et la chaux.

Le tableau suivant rend compte des intéressants résultats de ce travail considérable.

Les chiffres indiquent en grammes les quantités de matière contenues dans les organes de mille plantes.

On voit que le vieux tubercule s'appauvrit peu à peu en matières minérales utilisables aussi bien qu'en matière organique : la cellulose seule, comme on devait du reste le prévoir, s'y maintient en oscillant entre des extrêmes assez écartés. Calculées pour cent de matière sèche, toutes ces substances s'élèvent en chiffre; seules les matières extractives privées d'azote diminuent, d'où l'on doit conclure qu'elles s'écoulent plus vite que les autres matériaux.

Il est curieux de voir la chaux augmenter dans les vieux tuber-

(1) *Die Kartoffelpflanze rücksichtlich der wichtigsten Baustoffe in den verschiedenen Perioden ihrer Vegetation.* Landwirthsch. Jahrbücher. 6. Band, 1877, p. 447. — Centralblatt f. Agrikulturchemie. 1878, p. 134.

	MATIÈRE sèche.	CELLULOSE.	AZOTE.	PROTÉINE.	MATIÈRES grasses.	MATIÈRES extractives non azotées.	CENDRES.	CHAUX.	POTASSE.	ACIDE phosphorique.
VIEUX TUBERCULES										
1re semaine	9160.4	222.1	86.74	542 2	30.2	8004.9	300.9	4.22	228.18	48.64
2e —	8412.7	250	86.65	541.6	49.6	7208.7	362.8	5.05	223.95	48.20
3e —	8062.7	240.8	79.90	499.4	39.2	6926.4	356.9	6.53	211.97	46.52
4e —	7494·3	216	71.72	467	26.4	6475.2	318.7	10.27	201.15	32.22
5e —	5027.8	214.3	48.97	306 1	23.5	4236.8	246.6	12.77	145.34	30.82
8e —	2202.3	244.3	24.34	152.1	22.2	1594.9	188.8	20.48	77.79	13.87
9e —	1707.7	216.6	19 06	120.1	23.1	1275.2	172.6	22.16	67.18	10.30
14e —	1343.8	276.9	15.79	98.7	22	820.5	125.6	24.94	36.99	8.69
JEUNES TUBERCULES										
9e semaine	2601.4	102.9	46.49	290.6	15.2	2057.2	135.6	8.01	84.03	27.84
14e —	84127.4	1386.4	784.96	4900.4	145.5	75104.2	2592.8	61.86	1362.86	562.81
19e —	115879.1	1657.1	1704.58	10653.7	2062.7	99212.9	4148.7	104.29	2194.59	1136.77
TIGES										
3e semaine	208.8	41.4	14.15	94.8	6.7	120.7	32 3	3.23	14.51	?
4e —	351.6	65.4	19.55	122.2	3.2	119.3	41.5	6.97	19 81	5.01
5e —	628.5	133.5.	29 21	182.6	6.5	210.4	96.5	21.15	45.62	10.11
8e —	8001.3	1983 3	259.24	1620.3	84.5	2744.3	1569	325.97	661.31	11.25
9e —	15445	3958.5	498.87	3120.1	185 6	5690.1	2511.7	537.21	1188.14	18.82
14e —	28390.5	11190.7	322.51	2015.9	478.7	12726.6	1978.8	566.96	386.11	172 61
19e —	26910.6	13166.0	281.99	1709.9	240.9	9957.3	1176.0	608.05	232.77	99.95
FEUILLES										
4e semaine	290.6	42.7	22.40	140.1	5.1	65.2	37.6	5.02	14.24	6.26
5e —	1063.8	115.5	78.74	492.2	29.5	293.3	133.4	24.57	50.81	21.06
8e —	11890.4	1124.9	767.00	4799.2	274.9	3872.4	1828.5	497.68	403.59	230.07
9e —	17664.4	1773.2	1093.40	6834	499	6092.3	2406	688.38	694.02	291.99
14e —	10403.6	2251.9	879	5493.5	603	8826 1	2250.1	706.25	313.26	230.02

cules à mesure que ceux-ci se vident, et cela avec une telle régularité qu'il faut croire que cette matière joue un rôle important dans le mécanisme de l'écoulement des matériaux élaborés. La tige et les feuilles présentent le même phénomène; la chaux s'y accumule en masse vers la fin de la végétation, pendant que les matériaux de réserve disparaissent. En examinant les plantes au microscope, on a partout trouvé cette terre sous la forme d'oxalate de chaux.

Dans les jeunes tubercules, la protéine diminue d'abord relativement au poids sec; plus tard elle augmente. Les cendres se composent de la même manière, mais les matières extractives non azotées suivent une marche inverse. La quantité relative de cellulose diminue pendant toute la durée de la végétation. Dans la quatorzième semaine, la plus grande partie des matières extractives non azotées a déjà fait son apparition, les matières protéiques n'arrivent que plus tard.

La même observation s'applique à la potasse et à l'acide phosphorique. C'est d'abord la potasse et ensuite l'acide phosphorique qui immigrent en plus grandes proportions.

La tige et les feuilles s'enrichissent constamment en cellulose. Cette matière se produit en plus grande partie entre la neuvième et la quatorzième semaine. La chaux augmente également jusqu'à la fin; elle s'accumule en grande partie dans les feuilles. Les matières protéiques diminuent dans les tiges depuis la neuvième jusqu'à la quatorzième semaine. Les matières extractives privées d'azote n'y commencent à baisser que vers la dix-neuvième semaine, malgré leur accumulation dans les nouveaux tubercules. Elles augmentent dans les feuilles jusqu'à la fin. La potasse diminue d'abord très-rapidement de la neuvième semaine jusqu'à la quatorzième, ensuite moins vite, tandis que l'acide phosphorique ne commence à diminuer qu'entre la quatorzième et la dix-neuvième semaine.

Quant au rapport entre l'acide phosphorique et l'azote, il était en moyenne :

DANS LES VIEUX tubercules.	DANS LES NOUVEAUX tubercules.	DANS LES TIGES.	DANS LES FEUILLES.
1 : 1.78	1 : 1.51	1 : 2.9	1 : 3.65

Ce sont donc les parties les plus riches en azote, les feuilles, qui sont les plus pauvres en acide phosphorique. C'est à l'époque même où toute la plante est le plus riche en azote qu'elle renferme relativement le moins d'acide phosphorique. Il existe donc ici une contradiction apparente avec cette opinion très-répandue, qu'il y a une certaine relation entre l'acide phosphorique et l'azote. L'auteur croit la lever en admettant que le tubercule-mère renferme un excès d'acide phosphorique destiné à servir à la jeune plante tant que celle-ci, abondamment pourvue d'azote, ne peut absorber avec son faible système particulier une quantité suffisante d'acide phosphorique qui ne se trouve répandu dans le sol qu'en très-petites quantités. Vers la fin de la végétation un nouvel excès d'acide phosphorique est absorbé pour se déposer dans les jeunes tubercules.

En considérant toute la plante on trouve d'abord une diminution de toute la matière sèche pendant la période de la germination, diminution qui porte surtout sur les matières extractives non azotées et qui arrive à son maximum pendant la cinquième semaine. En même temps, la cellulose, la protéine, les cendres et la chaux ont notablement augmenté. A la huitième semaine, la plante a récupéré des quantités de matières extractives égales en poids à celles qui existaient dans le tubercule-mère. C'est dans cette période que tombe le développement des principaux organes. Ce n'est qu'à partir de la dixième semaine que la plante s'applique surtout à assimiler, à élaborer les matériaux non azotés et à les écouler avec d'autres matériaux de réserve dans les jeunes tubercules.

De l'emploi des phosphates sur la culture des turneps.

PAR M. TH. JAMIESON (1).

Les expériences exécutées en 1876 avaient conduit aux résultats suivants :

1° Les phosphates élèvent le rendement des turneps, mais ils ont la même influence, qu'ils aient une origine animale ou minérale.

Cette conclusion repose sur les pesées constatées sur 20 parcelles différentes.

2° Le phosphate soluble n'a pas sur le phosphate insoluble la supériorité qu'on lui attribue ordinairement.

(1) *Report to the committee of the Aberdeenshire agricultural Association.* Mars 1878.

On estime que le phosphate soluble a une valeur cent fois plus grande que le phosphate insoluble, mais la supériorité constatée n'a guère été au-dessus de 10 pour 100; dans quelques cas les différences dépassèrent 10 pour 100; dans d'autres elles ne furent pas sensibles; dans d'autres enfin les phosphates insolubles eurent la supériorité. En moyenne on ne peut pas dire que les phosphates insolubles soient inférieurs de plus de 10 pour 100 aux phosphates solubles.

3° Quand les engrais azotés sont employés seuls, ils exercent peu d'effet sur le rendement des turneps; mais quand ils sont employés mélangés aux phosphates insolubles ils accroissent la récolte. L'addition des engrais azotés aux phosphates solubles ne semble pas accroître le poids de matière sèche élaborée par les navets; on n'a pu constater de différences sensibles entre les effets de quantités égales d'azotes données sous forme de nitrate de soude ou sous celle de sulfate d'ammoniaque.

4° L'extrême division de l'engrais semble avoir une influence décisive sur son assimilation, de telle sorte que le phosphate le plus économique est le phosphate insoluble amené à l'état de poudre impalpable.

Les expériences de 1877 furent exécutées sur cinq pièces de terre distantes d'environ vingt kilomètres les unes des autres, éloignées de la mer de 3 à 30 kilomètres et élevées au-dessus de son niveau de 30 à 120 mètres. Aucune des pièces n'était ni décidément bonne, ni décidément mauvaise. Les pièces étaient entourées d'une clôture et divisées en parcelles sur lesquelles on plaçait 200 racines; leur étendue était convenable pour que tous les travaux fussent exécutés avec beaucoup de soins; le nombre des parcelles de chaque pièce était de 36, destinées à dix-huit expériences, chacune d'elles étant faite en double.

On voit par conséquent :

1° Que la variété des sols et des climats est obtenue par la diversité des stations des pièces en expérience.

2° Que les parcelles sont d'une étendue telle que l'uniformité du sol et de son drainage est assurée.

3° Qu'on en peut tirer des résultats tout à fait comparables à ceux de la grande culture.

4° Que la régularité des travaux et l'exactitude des pesées est facile à réaliser.

5° Que l'étendue est assez restreinte pour que toutes les opérations aient lieu en présence du chimiste.

6° Enfin que les expériences sont faites en double.

7° Qu'ainsi chaque question reçoit directement dix réponses.

Ajoutons en outre :

8° Que des résultats fautifs dus à l'absence dans le sol de matières nécessaires au développement des plantes ont été évités en fournissant ces matières à toutes les plantes.

9° Que les sols, sous-sols et engrais furent analysés.

Les quantités d'engrais employées sont les suivantes :

		k.			k.
Azote sur chaque parcelle.		24.64.	Par hectare	Sulfate d'ammoniaque.	125.5
				Azotate de soude.....	156.9
Acide phosphorique anhydre	quand il est insoluble.	168	—	Cendre d'os..........	500
				Coprolithe...........	658
				Poudre d'os..........	753
	quand la moitié est soluble.	112	—	Superphosphate d'origine animale......	470
				Superphosphate d'origine minérale......	593

Elles sont fournies, comme on voit, par des engrais azotés ou phosphatés de diverses origines, mais renfermant des quantités d'azote ou d'acide phosphorique sensiblement égales; c'est ainsi que les 125 k. 5 de sulfate d'ammoniaque renferment 24 k. 64 d'azote comme les 156 k. 9 d'azote de soude.

Influence de la saison. — Les résultats de l'année 1876, très-favorable aux navets, nous ont conduit à nous poser les questions suivantes :

1° Comment les résultats sont-ils influencés par la saison ?

2° Les navets obtenus sous l'influence de différents engrais ont-ils la même valeur nutritive ?

3° Quels effets exercent les différents engrais sur les récoltes suivantes ?

L'influence qu'exerce l'origine des phosphates est indiquée par les résultats résumés dans le tableau ci-joint :

RENDEMENT EN NAVETS A L'HECTARE.

Phosphates insolubles.

		d'origine minérale.	d'origine animale.
1876...	Moyenne de 10 expériences dans 5 stations....	40.600	42.670
	— 2 — à la station de Cluny	47.600	37.650
1877...	— 2 — —	22.210	18.679

Phosphates solubles.

1876...	Moyenne de 10 expériences dans 5 stations....	46.000	44.170
	— 2 — à Cluny..........	47.600	37.650
1877...	— 2 — —	24.340	24.215

Comparaison entre les phosphates solubles et insolubles. — Pendant l'année 1876 on compara l'influence qu'exercent sur le développement du turneps des quantités de phosphate insoluble et de phosphate soluble dans le rapport de 3 à 2, le superphosphate renfermant environ la moitié de son poids d'acide phosphorique à l'état soluble. En 1877 on employa des poids égaux d'acide phosphorique soluble et insoluble. Des expériences de 1876 on put tirer qu'en moyenne la supériorité des phosphates solubles est d'environ 10 pour 100 sur les phosphates insolubles, mais que dans quelques cas les phosphates solubles ont une valeur de 12 et même de 15 pour 100 supérieure à celle des phosphates insolubles. Les expériences de 1877 montrèrent que la supériorité des superphosphates sur les phosphates n'excède pas 20 pour 100. Dans aucun cas, on n'a trouvé des différences qui expliquent la faveur dont jouissent auprès des cultivateurs les superphosphates, ni qui justifient l'énorme différence de prix qui existe entre les phosphates traités par l'acide sulfurique et les phosphates naturels.

Action des engrais azotés unis aux phosphates. — On fit usage de sulfate d'ammoniaque et de nitrate de soude : en moyenne on trouva que pendant la bonne année, 1876, l'addition de l'azote au phosphore donna un supplément de récolte de 2 500 à 17 500 kilog. à l'hectare; pendant la mauvaise saison de 1877, le supplément de récolte varia seulement de 7 500 à 10 000 kilog à l'hectare.

De l'influence des engrais sur la composition des navets. — Les navets récoltés sur les diverses parcelles furent analysés, ils présentèrent de grandes variations de composition; on pourra les apprécier dans le tableau suivant, qui présente la moyenne des résultats obtenus :

COMPOSITION MOYENNE DES NAVETS POUR 1000 PARTIES

MATIÈRES DOSÉES.		PHOSPHATES et engrais azotés.	PHOSPHATES SEULS			
			INSOLUBLES.		SOLUBLES.	
			Cendres d'os.	Nodules.	Cendres d'os.	Nodules.
Sans valeur	Eau.........	920	910	905	910	905
	Cellulose.....	12	12	11	10	10
	Total	932	922	916	920	915
Utiles.....	Albuminoïdes	8	10	10	7	8
	Sucres......	32	34	38	42	46
	Amidon, huile	22	27	29	24	24
	Cendres.....	6	7	7	7	7
	Total	68	78	84	80	85

Culture à l'aide des engrais chimiques

PAR M. VOELCKER (1).

Influence of chimical discoveries on the progress of english agriculture. (*The journal of the royal agricultural Society of England*, vol. XIV, part. II, page 819, 1878.)

Parmi les systèmes de culture, celui qui consiste à ne récolter que des grains et à vendre tous les produits exige beaucoup d'habileté pratique; il demande de grandes avances de fonds pour le labourage à vapeur, le drainage et les autres améliorations permanentes, et une appréciation exacte des avantages et des inconvénients que présente pour une localité donnée un tel système de culture. M. Prout, de Sawbridgeworth (Hertfordshire), fournit un bel exemple de réussite de la culture à l'aide de produits chimiques, qu'il est intéressant de signaler.

M. Prout acquit les fermes de Blount et de Sweetdew en 1861; elles renferment 180 hectares et sont situées à environ 4 kilomètres de Harlow.

Trois échantillons du sol du domaine ont fourni à l'analyse les nombres suivants :

(1) Nous extrayons les pages suivantes d'un rapport adressé par M. Vœlcker, chimiste consultant de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, sur l'influence des découvertes chimiques sur les progrès de l'agriculture anglaise; les résultats qui y sont résumés nous paraissent apporter à cette question si controversée : la culture à l'aide des engrais chimiques, un exemple intéressant.

COMPOSITION DES SOLS DE BLOUNT'S FARM.

MATIÈRES DOSÉES		BROAD FIELD.	BLACK ACRE.	WHILE MOOR.
Solubles dans les acides.	Matières organiques	4.75	4.46	5.49
	Oxyde de fer	4.80	4.29	7.91
	Alumine	5.39	4.90	2.06
	Carbonate de chaux	2.45	4.74	1.80
	Magnésie	1.84	1.59	0.80
	Potasse	0.54	0.72	0.51
	Soude	0.08	traces.	0.16
	Acide sulfurique	0.08	0. 1	0.09
	— phosphorique	0.16	0.12	0.27
Silicates insolubles et sable		79.91	79.17	80.91
		100.00	100.00	100.00

M. Prout paya le domaine à peu près 2000 francs par hectare, prix modéré pour une terre non divisée et située seulement à 20 kilomètres de Londres. Elle était au reste si mal cultivée que le propriétaire précédent avait de la peine à trouver un fermier qui offrît 60 à 65 francs par hectare.

Après son acquisition, M. Prout n'hésita pas à dépenser 1000 francs par hectare pour défoncer le sol, faire les routes, remettre les bâtiments en état, etc.; en outre, M. Prout acheta de MM. Fowler et Cie de Londres une charrue à vapeur avec ses ancres, ses câbles, etc., pour 25000 francs: cette machine fonctionne très-bien et tous les travaux de la ferme n'exigent, outre cet appareil, que six à huit chevaux.

Les dépenses annuelles pour les labours, les engrais et la rente sont estimées à 135 francs par hectare, et pour le tout à 97500 francs. Sur cette dépense totale une somme de 30000 francs est employée à l'acquisition des engrais; cependant, pendant les deux dernières années, la dépense en engrais a été un peu moindre.

En 1875 M. Prout dépensa seulement 21950 francs pour les engrais artificiels, car il avait employé l'année précédente une quantité considérable de poudre d'os. Cette somme fut employée à l'achat de

42 tonnes de guano du Pérou dissous de Ohlendorff, de 21 tonnes de nitrate de soude, de 10 tonnes de superphosphate minéral contenant 25 pour cent de phosphate soluble.

En 1876, on employa 44 tonnes de guano dissous, 25 tonnes de nitrate de soude, 20 tonnes d'os et 15 tonnes de superphosphate minéral pour une dépense totale de 29 325 francs.

La cendre d'os, le superphosphate minéral, le guano du Pérou naturel ou dissous et le nitrate de soude sont le plus habituellement employés. M. Prout emploie de 375 à 625 kilog. de guano du Pérou ou d'engrais d'os par hectare. L'engrais d'os est préparé en mouillant avec de l'eau de la cendre d'os, puis en y incorporant du superphosphate minéral dont l'acide phosphorique réagit sur le phosphate d'os en élevant sa température. Après un repos de cinq semaines environ, l'engrais est devenu assez sec pour être distribué régulièrement.

Outre ces engrais artificiels, qui sont appliqués au trèfle et à toutes les céréales, à l'exception du blé qui suit le trèfle, on ajoute aux récoltes de grain, dans les premiers jours d'avril ou à la fin de mars, de 125 à 180 kilog. de nitrate de soude par hectare.

Le produit des récoltes depuis 1868 a atteint les chiffres suivants :

1868	118.100 fr.
1869	93.300
1870	130.800
1871	115.600
1872	118.800
1873	114.200
1874	115.700
1875	113.700
1876	116.800

La moyenne est de 115 200 francs, sans comprendre le produit de six à sept hectares sur lesquels on cultive le foin et les racines nécessaires à l'alimentation des huit chevaux et de la vache qui sont tout le bétail vivant de Blount's farm.

Le labour et les semences de ces six ou sept hectares sont compris dans les frais généraux, et comme on peut estimer la recette de cette petite surface à 5 000 francs, on arrive pour les recettes totales de Blount's farm à 120 000 francs.

Pendant les deux dernières années, M. Prout a produit moins de blé et plus d'orge que les années précédentes, ainsi :

En 1874	124 hectares ont été en blé,		24 en avoine,		00 en orge.		
1875	76	—	16	—	50	—	
1876	77	—	20	—	49	—	

L'ensemble des récoltes pendant l'année 1877 a été remarquable et on ne saurait trouver aucune indication que les neuf récoltes consécutives de céréales enlevées chaque année aient eu une fâcheuse influence sur le sol. Le domaine, acheté un peu moins de 400 000 francs, est évalué aujourd'hui à 775 000; c'est une preuve que la puissance productrice de la terre est plus grande aujourd'hui qu'au moment où M. Prout commença a employer son système de culture qui, pour ses 180 hectares, lui a donné un profit annuel en chiffres ronds de 22 500 francs.

M. Prout n'a pas jugé utile d'ajouter à son sol d'engrais de potasse, leur emploi ne lui ayant donné aucun résultat satisfaisant; mais il n'est pas douteux que sur d'autres terres moins riches en alcalis, l'addition de ces sels de potasse deviendrait nécessaire.

Essais d'engrais azotés,

PAR M. LE PROFESSEUR R. HEINRICH (1).

En 1876 l'auteur du présent travail avait démontré que les terrains de la station agronomique de Rostock ont absolument besoin d'engrais azotés. Ils se prêtaient donc très-bien à une série de recherches ayant pour but d'examiner si tous les engrais azotés qui sont à la disposition du cultivateur ont la même efficacité ou si certains d'entre eux doivent être préférés aux autres.

Les premiers essais, les seuls que l'auteur expose dans ce mémoire, ont porté sur une céréale d'hiver, le seigle, dont la végétation très-longue permet aux engrais enfouis dans le sol de se décomposer et d'offrir aux plantes des matières plus facilement assimilables. Il est donc indispensable de compléter ces recherches par de nouveaux renseignements sur les céréales d'été traitées de la même manière.

On a employé dans ces expériences six espèces d'engrais azotés, savoir:

(1) Landwirthsch, *Annalen des mecklenburgischen patriotischen Vereins*. Neueste Folge 10. Jarhg. 1877, n° 49, p. 385-388. — *Biedermann's Centralblatt*, 1878, p. 335.

1. Sulfate d'ammoniaque avec 20,4 pour 100 d'azote : 367,5 kilogrammes par hectare, soit 74,97 kilogrammes d'azote.

2. Azotate de soude avec 15,4 pour 100 d'azote : 485 kilogrammes par hectare, soit 78,69 kilogrammes d'azote.

3. Farine de sang avec 14,2 pour 100 d'azote : 527,5 kilogrammes par hectare, soit 74,90 kilogrammes d'azote.

4. Farine de viande avec 11 pour 100 d'azote : 682,5 kilogrammes par hectare, soit 75,07 kilogrammes d'azote.

5. Farine de corne avec 8,7 pour 100 d'azote (1) : 862,5 kilogrammes par hectare, soit 75,04 kilogrammes d'azote.

6. Guano de poisson avec 7,2 pour 100 d'azote (2) : 1042,5 kilogrammes par hectare avec 75,06 kilogrammes d'azote.

A part l'acide phosphorique des deux derniers engrais et l'acide sulfurique du sulfate d'ammoniaque, aucun d'entre eux ne renfermait une matière qui pût servir d'aliment aux plantes. Comme l'azote seul pouvait donner une récolte dans ce sol où l'acide phosphorique, la potasse et la chaux avaient été employés sans succès, les résultats obtenus devaient être attribués uniquement à l'azote, même dans le cas des deux derniers engrais de composition complexe.

Tous les engrais, sauf le salpêtre, ont été répandus en automne et enterrés par le labour. Quant au salpêtre, on l'a donné en deux fois, le 9 avril et le 11 mai, mélangé avec de la terre. Comme le sol du champ d'expérience n'était pas de composition absolument uniforme partout, l'essai a été répété trois fois en appliquant le même engrais successivement à trois parcelles différentes.

On a semé le seigle le 17 octobre 1876. Chaque parcelle de 2 ares en a reçu 5 kilogrammes (250 kilog. par hectare).

La récolte a été faite à la fin de juillet 1877.

Les résultats ont été calculés pour 1 hectare. Le champ était incliné vers le sud-est ; le sol, maigre et sableux dans ses parties les plus élevées, était meilleur, plus lié, dans les régions basses.

En comparant la récolte obtenue sans engrais à celles des parcelles qui avaient reçu les différentes matières azotées, on voit jusqu'à quel point les engrais azotés sont utiles à ce sol, fait qui avait été reconnu dans des essais antérieurs ainsi qu'il a été dit plus haut. Dans les parcelles traitées, les 75 kilogrammes d'azote ajoutés au

(1) A 9 pour 100 d'acide phosphorique.

(2) A 2,7 pour 100 d'acide phosphorique.

sol par hectare ont notablement augmenté la récolte, en exceptant toutefois celle où l'engrais consistait en farine de viande.

ENGRAIS.	1. PARCELLE HAUTE			2. PARCELLE MOYENNE			3. PARCELLE BASSE		
	RÉCOLTE PAR HECTARE			RÉCOLTE PAR HECTARE			RÉCOLTE PAR HECTARE		
	paille.	balles.	grain.	paille.	balles.	grain.	paille.	balles.	grain.
	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.
Sulfate d'ammoniaque.............	1950.0	105.0	1320.0	2100.0	147.5	1395.0	4725.0	400.5	3105.0
Salpêtre du Chili..	2200.0	220.0	1790.0	2675.0	205.0	2170.0	5275.0	460.0	2757.5
Farine de sang. ..	2500.0	105.0	1552.5	2500.0	147.5	1675.0	4875.0	570.0	2747.5
Farine de viande..	1500.0	105.0	1042.5	2275.0	150.0	1465.0	—	—	—
Farine de corne...	2125.0	112.5	1340.0	2700.0	120.0	1725.0	4375.0	515.0	2615.0
Guano de poisson.	2050.0	102.5	1257.5	2950.0	205.0	1930.0	5300.0	325.0	2715.0
Sans engrais......	1525.0	97.5	1167.5	—	—	—	1575.0	135 0	1225.0

Quant à l'action spéciale des différents engrais sur la production de la paille et du grain, remarquons en première ligne l'influence du nitrate de soude et du guano de poisson sur la production de la paille. Après ces deux engrais viennent la farine de sang et celle de corne. La farine de viande produit à peine un effet sensible. Cette matière, ordinairement employée pour l'alimentation du bétail, renferme environ 11 pour 100 de graisse. Il faut sans doute attribuer à cette matière le faible effet de l'engrais, car elle s'oppose à l'action de l'eau et par conséquent à la décomposition de l'engrais.

Des six espèces d'engrais mis en expérience, le sulfate d'ammoniaque n'occupe, sous le rapport de la production de la paille, que le cinquième rang. Connaissant son efficacité ordinaire et sa solubilité, on se serait attendu à un meilleur résultat. Il ressort de l'expérience que dans un sol très-meuble et sableux on ne doit pas employer les engrais salins très-solubles pour les cultures hivernales, où cet engrais est enfoui en automne. Le nitrate de soude, également très-soluble, a produit une bonne récolte, mais il ne faut pas oublier qu'il n'a été répandu qu'au printemps.

En résumé, pour la production de la paille, on peut dire que les mêmes quantités d'azote données aux parcelles sous la forme de

guano de poisson, de farine de corne, de farine de sang et de nitrate de soude semé au printemps, ont produit le même effet, qu'elle a été moins efficace sous la forme de sulfate d'ammoniaque et presque nulle sous celle de farine de viande.

Passons à la production du grain.

Le nitrate de soude est le plus favorable. Il est donc inexact que le salpêtre n'agisse que sur la paille, comme on l'entend dire si souvent. Le résultat semble prouver que les autres aliments minéraux existaient encore dans le sol en quantité suffisante pour prendre part à cette énorme production de grain. Si cela est vrai, il faut admettre que le nitrate de soude agit non-seulement comme aliment direct, mais en rendant les autres matières minérales plus assimilables. Il est évident que sous ce rapport le salpêtre attaque le sol et le rend apte à céder plus rapidement ses richesses à la végétation. Le cultivateur pourra tirer le plus grand parti du nitrate de soude, s'il n'oublie pas que c'est un engrais absolument incomplet et s'il n'hésite pas à donner d'autres engrais au sol aussitôt que le besoin s'en fait ressentir. La farine de sang et de corne et le guano de poisson ont produit le même effet; ici, comme pour la paille, le sulfate d'ammoniaque ne s'en éloigne pas beaucoup; dans les parcelles inférieures il a même donné d'excellents résultats. La farine de viande est restée sans effet: cette matière ne saurait donc être utilisée comme engrais.

Il est intéressant enfin de considérer le prix de revient du kilogramme d'azote dans chacun des engrais ci-dessus désignés.

NATURE DE L'ENGRAIS.	PRIX DU KILOGRAMME d'azote.	PRIX DES 75 KILOGRAMMES par hectare.
	fr. cent.	fr. cent.
Farine de viande	3 98	298 50
— de corne (1)	2 68	201 00
— de sang	2 50	187 50
Guano de poisson (2)	2 25	168 75
Sulfate d'ammoniaque	2 20	165 00
Nitrate de soude	2 18	163 50

(1) L'auteur n'a pas employé le guano ordinaire, mais une espèce relativement pauvre en acide phosphorique.

(2) La valeur de l'acide phosphorique étant défalquée.

Le tableau suivant rend compte du rapport entre le prix de l'engrais et du surplus de la récolte (différence des récoltes de la parcelle sans engrais et des parcelles fumées).

NATURE DE L'ENGRAIS.	1. PARCELLE ÉLEVÉE			2. PARCELLE BASSE		
	PRIX de la fumure.	EXCÉD. DE RÉCOLTE sur la parcelle sans engrais. paille.	EXCÉD. DE RÉCOLTE sur la parcelle sans engrais. grain.	PRIX de la fumure.	EXCÉD. DE RÉCOLTE sur la parcelle sans engrais paille.	EXCÉD. DE RÉCOLTE sur la parcelle sans engrais grain.
1. Nitrate de soude......	163.50	975.0	622.5	163.50	3700.0	1532.5
2. Sulfate d'ammoniaque.	165.00	425.0	152.5	165.00	3150.0	1880.0
3. Guano de poisson....	168.75	525.0	90.0	168.75	3725.0	1490.0
4. Farine de sang.......	187.50	675.0	385.0	187.50	3300.0	1522.5
5. Farine de corne	201.00	600.0	172.5	201.00	2800.0	1420.0
6. Farine de viande	298.50	0	0	298.50	—	—

L'auteur résume de la manière suivante les résultats intéressants de son travail :

1. De tous les engrais azotés, le plus favorable au point de vue du grain aussi bien qu'à celui de la paille est le nitrate de soude répandu au printemps. En même temps l'azote du nitrate de soude est le moins cher.

2. L'azote de la farine de sang et de corne et celui du guano de poisson a produit le même effet sur le seigle d'hiver dans la terre sableuse qui a été mise en expérience. Le sulfate d'ammoniaque n'y réussit pas mieux.

3. La farine de viande (trop chargée de graisse) reste absolument sans effet. Ce résultat, obtenu à l'aide d'une matière qui n'est guère employée comme engrais, n'est pourtant pas sans intérêt, parce qu'il nous apprend qu'il ne faut employer que dégraissés les autres engrais naturellement gras, comme le guano de poisson ordinaire.

Sur les matières colorantes des peaux de raisin. Indications qu'elles donnent sur la maturité des fruits.

PAR M. LE PROFESSEUR E. POLLACCI (1).

Pour séparer la matière jaune et la matière bleue qui par leur union constituent la chlorophylle, M. Pollacci propose de faire agir successivement le sulfure de carbone, qui se charge de la phylloxanthine, et l'éther, qui dissout la phyllocyanine.

Quand il s'agit de reconnaître si des raisins sont arrivés à maturité, l'auteur dissout la matière colorante rouge des raisins noirs avec de l'eau aiguisée d'acide sulfurique, puis il fait agir successivement le sulfure de carbone et l'éther sur les peaux de raisin débarrassées par la pression de la liqueur acide; quand le raisin est mûr, le sulfure de carbone continue à prendre une teinte jaune, mais l'éther ne dissout plus de phyllocyanine.

On peut même opérer plus simplement : on sépare les peaux du reste du fruit par la pression, puis on fait agir sur le tourteau ainsi obtenu de l'éther sulfurique; si l'éther se colore franchement en vert, c'est que la maturation n'est pas complète, mais si la couleur que prend l'éther est franchement jaune, c'est que le raisin est complétement mûr.

Sur la détermination des matières albuminoïdes des fourrages

PAR M. FAUSTO SESTINI (2).

L'auteur fait remarquer avec beaucoup de raison que lorsqu'on se contente, pour apprécier les matières albuminoïdes contenues dans des végétaux destinés à l'alimentation du bétail, de doser l'azote par la chaux sodée, puis de multiplier le nombre trouvé par 6,25, on obtient un résultat évidemment fautif. En effet, les parties vertes et surtout blanches des végétaux renferment un grand nombre de matières azotées (asparagine, betaïne, leucine, sels ammoniacaux, nitrates) qui sont loin d'avoir comme aliments une valeur analogue à celle des albuminoïdes.

(1) *Rivista di orticoltura ed enologia.* 25 octobre 1878, p. 585.
(2) *Agricoltura italiana* (anno quarto), settembre 1878.

M. Church (1), pour apprécier les matières protéïques dans les racines de betteraves, dans lesquelles Schulze et Urich (2) ont reconnu que 1/3 ou les 2/5 de l'azote total se trouvaient à l'état d'albuminoïde, propose de traiter la pulpe par l'acide phénique pour séparer les composés azotés non protéïques, et de doser l'azote dans la pulpe ainsi lavée; il a obtenu par cette méthode des chiffres qui se rapprochent de ceux des savants allemands.

Pour faire cette détermination, M. Fausto Sestini opère autrement : la matière végétale, bien divisée, est soumise à l'action de l'eau bouillante pour coaguler les albuminoïdes; on additionne ensuite le liquide de quelques gouttes d'acide lactique concentré, puis on ajoute du sous-acétate de plomb; on filtre enfin : ce qui reste insoluble contient non-seulement les albuminoïdes rendus insolubles par la chaleur, mais encore ceux qu'ont pu coaguler le sous-acétate de plomb et l'acide lactique.

En appliquant ce procédé à l'analyse de la racine de réglisse, on a trouvé :

Azote total	1.520 %	
Azote dans la matière rendue insoluble par l'eau bouillante et le sous-acétate de plomb appartenant aux albuminoïdes	0.984	1.484
Azote dans le liquide, appartenant à des matières azotées autres que les albuminoïdes	0.500	

Le docteur Richard Wagner (3) a proposé dans le courant de l'année de dissoudre les matières albuminoïdes par les alcalis, puis par l'acide chlorhydrique, et enfin de précipiter par le tannin les matières dissoutes. Il a reconnu que les alcalis dissolvent mieux les albuminoïdes que l'acide chlorhydrique, mais que l'action est cependant toujours incomplète.

Pour décider laquelle des trois méthodes conduit à de meilleurs résultats, M. Fausto Sestini a essayé comparativement son procédé, celui de M. Church et celui de M. Wagner. Les expériences comparatives ont été conduites de la façon suivante : 100 grammes de feuilles de mûrier desséchées à 109° furent immergées dans un litre d'eau dont on éleva doucement la température, puis on laissa les matières en digestion en vase clos pendant deux heures, en agi-

(1) *Agricultural student's Gazette*, t. I, n° 3.
(2) *Landwirthschaftliche Stationen*, XX, 193, 1877.
(3) *Die landwirthschaftliche Versuchs-Stationen*, XXI, B., 1878.

tant souvent le liquide. Ensuite on filtra, et le liquide filtré, dans lequel se trouvaient les matières protéïques dissoutes dans l'eau tiède, fut divisé en quatre parties : 1° Dans l'une on ajouta de l'acétate de plomb jusqu'à ce qu'il se produisît un précipité et, après 24 heures on rassembla le précipité, on le lava, le sécha et y détermina l'azote. 2° Dans une autre on précipita avec le tannin, et le précipité fut lavé, séché et analysé comme plus haut. 3° Enfin, dans la troisième on ajouta une solution alcoolique d'acide phénique et le précipité fut analysé. 4° La quatrième partie tenue en réserve ne fut pas employée.

L'azote trouvé dans les précipités, rapporté à 100 feuilles sèches, est indiqué par les chiffres suivants :

	gr.
Dans la matière précipitée par l'acétate de plomb.........	0.124
Par le tannin..	0.078
Par l'acide phénique....................................	0.028

On en déduit à coup sûr qu'en employant le sous-acétate de plomb, on obtient une quantité de matière azotée plus forte que par les autres procédés ; mais cette méthode est-elle absolument sans reproche, c'est-à-dire, est-il parfaitement démontré que les matières azotées précipitées par le sous-acétate de plomb sont toutes des albuminoïdes ?

Sur les matières plastiques des racines.

PAR M. LE PROFESSEUR CHURCH (1).

Ainsi qu'il a été dit plus haut, M. Church s'occupe depuis plusieurs années de distinguer, parmi les matières azotées qui existent dans les racines employées comme aliments, celles qui doivent être comptées comme essentiellement nutritives de celles qui ne présentent pas cette qualité.

Nous aurons occasion de revenir plusieurs fois sur cette importante question. Nous résumerons ici les resultats qu'il a obtenus en étudiant diverses plantes par son procédé, qu'il désigne sous le nom de procédé à l'acide phénique. Ces analyses ont été exécutées à diverses époques depuis l'année 1874, où la méthode a commencé d'être employée.

(1) *Agricultural students' Gazette*, t. II, n° 7, octobre 1878.

Quand les feuilles de laitue sont sèches, elles brûlent comme du bois à cause du salpêtre qu'elles renferment; analysées par les méthodes ordinaires, elles donnent après dessiccation complète ;

Amidon, sucre (par différence)	23.23
M. albuminoïdes (calculées d'après l'azote total)	37.79
Chlorophylle, matières grasses	5.40
Cellulose	12.81
Cendres	20.77

Par le procédé à l'acide phénique, on trouve seulement pour les matières albuminoïdes 17,48 0/0 au lieu de 38.

Pommes de terre. — Quelques échantillons de pommes de terre sèches de Chollet et C[ie] furent analysés par l'ancien procédé et par le nouveau on obtint les résultats suivants:

	Pour 100.
Humidité	8.83
M. albuminoïdes calculées d'après l'azote total	6.69
M. albuminoïdes par le procédé nouveau	3.48

En estimant que les tubercules frais renferment 75 0/0 d'eau, le calcul conduit à n'admettre dans cet aliment que la moitié des matières albuminoïdes qu'on lui attribue d'ordinaire, c'est-à-dire 1 0/0 au lieu de 2.

Ce résultat, obtenu dès 1875 et consigné à cette époque dans l'*Agricultural Gazette*, a paru trop important pour qu'on ne jugeât pas à propos de le vérifier une seconde fois.

Le 1[er] septembre 1878, on recueillit un échantillon de pommes de terre dans les champs du domaine du collége; les albuminoïdes, dosés par le procédé à l'acide phénique, furent trouvés à 3,703 pour 0[0 de matière sèche, correspondant à 1032 pour 0[0 de matière normale.

En employant la méthode d'analyse ordinaire, les albuminoïdes estimés d'après l'azote total furent de 6,525 pour 0[0 dans la matière sèche ou 1,818 dans la matière normale. Ainsi, un peu plus de la moitié seulement de l'azote de ces tubercules s'y trouve sous forme de matières albuminoïdes.

Carottes. — On admet ordinairement que les racines de carottes contiennent de 1 à 1,5 pour 0[0 de matières albuminoïdes: un échantillon a donné 0,98 0/0 par l'ancien procédé, les racines analysés contenaient 87 pour 0/0 d'humidité. La quantité totale d'albuminoïde

calculée sur 100 de matière sèche serait de 7,50 pour 0/0 d'après l'ancien procédé ; mais le procédé à l'acide phénique donne seulement 4,26 pour 0/0 dans la racine sèche et 0,55 dans la matière normale, moins que moitié de la quantité admise habituellement.

Betteraves. — Ces racines, analysées par le nouveau procédé, se sont montrées beaucoup moins riches en albuminoïdes qu'on ne le supposait. La variété sur laquelle portèrent d'abord les analyses accusa :

1.76 0/0 d'albuminoïdes par l'ancien procédé.
0.40 0/0 par le nouveau.

On jugera bien au reste des différences par les analyses suivantes :

Variétés.	Eau 0/0.	Calculé d'après l'azote total 0/0.	P. l'acide phénique.
Feeding beet.	94.0	1.432	0.63
Globe jaune.	93.7	1.025	0.58
Longue rouge.	91.5	1.080	0.51
Golden Jaukard.	90.1	1.510	0.57 (1).

(1) Ces résultats ne m'étonnent nullement : j'ai eu occasion souvent de constater dans les plantes développées des sols très-salpêtrés des quantités considérables de nitrate de potasse ; j'en ai trouvé dans les maïs et aussi en quantité considérable dans les betteraves ; j'ai donné, il y a quelques années, l'analyse d'une betterave venant du département du Nord qui renfermait 5 0/0 d'azote dans 100 de matière sèche et seulement 3 0/0 de sucre dans la matière normale ; desséchées et soumises, à l'action du feu, les tranches de ces betteraves brûlaient avec détonation. M. Barral vient au reste d'appeler l'attention de l'Académie des sciences sur les quantités considérables de salpêtre qui existent dans certaines betteraves cultivées avec excès d'engrais azoté ; les variétés qui arrivent aux plus fortes dimensions sont celles qui renferment le plus de salpêtre. Nous rappellerons enfin que M. Ladureau a donné dans ce volume (page 265) de nombreux dosages de nitrates dans diverses variétés de betteraves.

P.-P. D.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME QUATRIÈME

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

TABLE

PAR NOMS D'AUTEURS

FIN DE LA TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

TABLE

PAR ORDRE DE MATIÈRES

FIN DE LA TABLE PAR ORDRE DES MATIÈRES

PARIS. — IMPRIMERIE É. MARTINET, RUE MIGNON, 2



